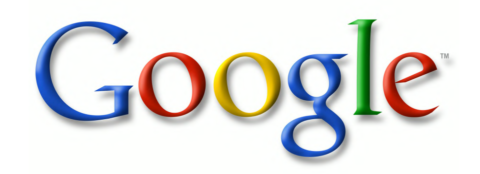
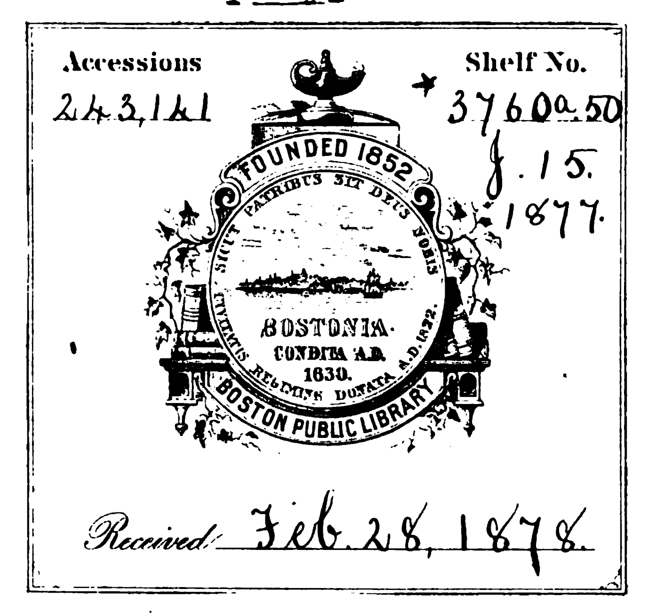
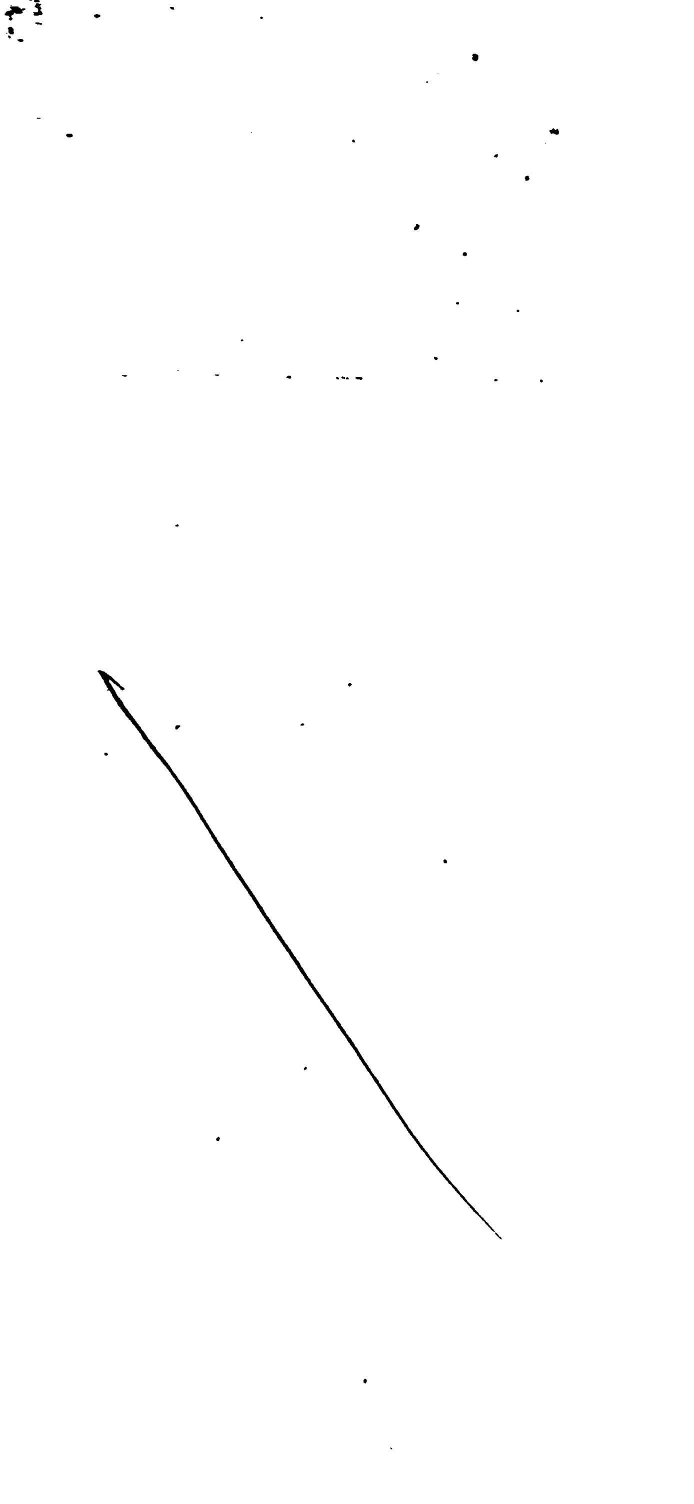
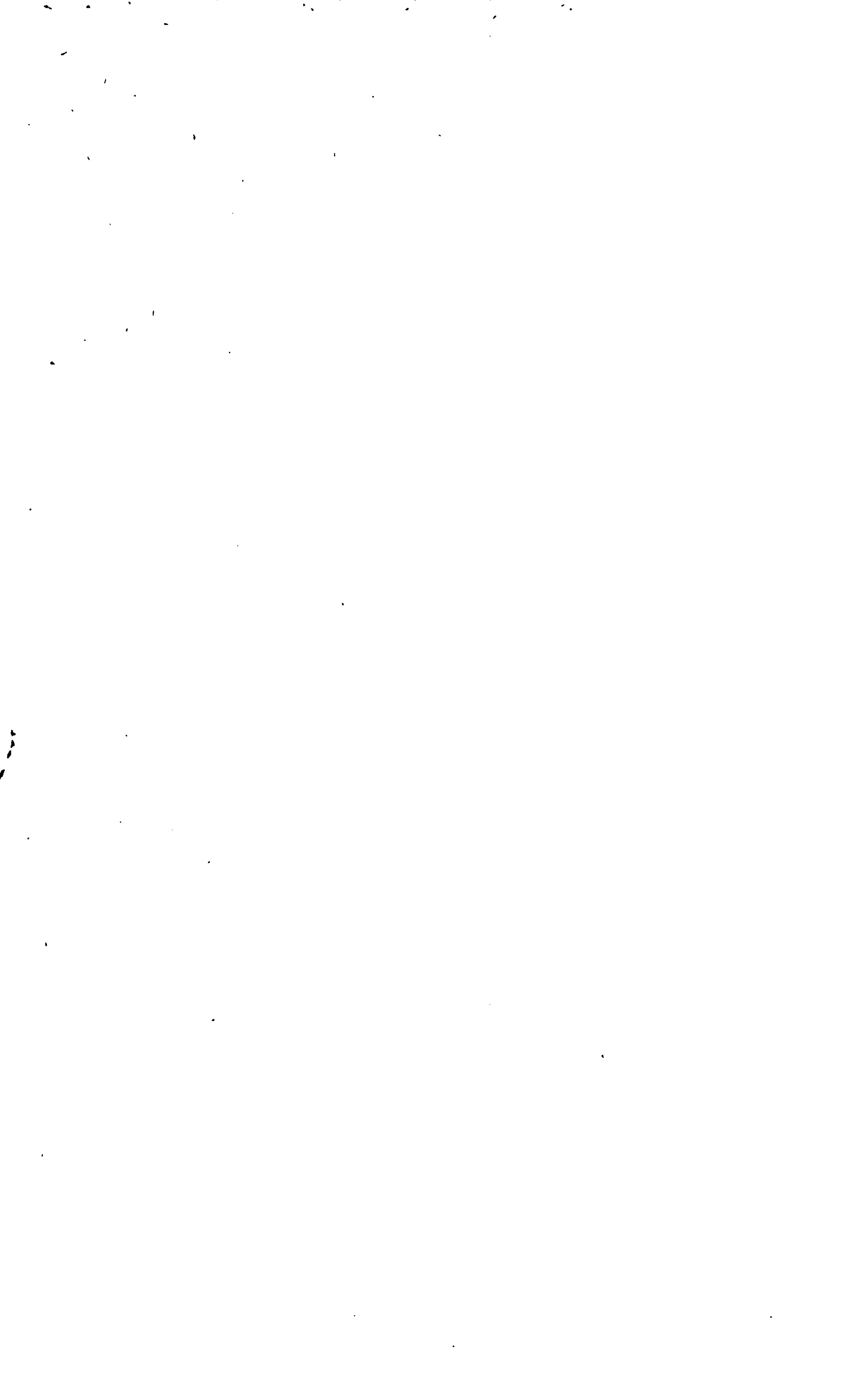


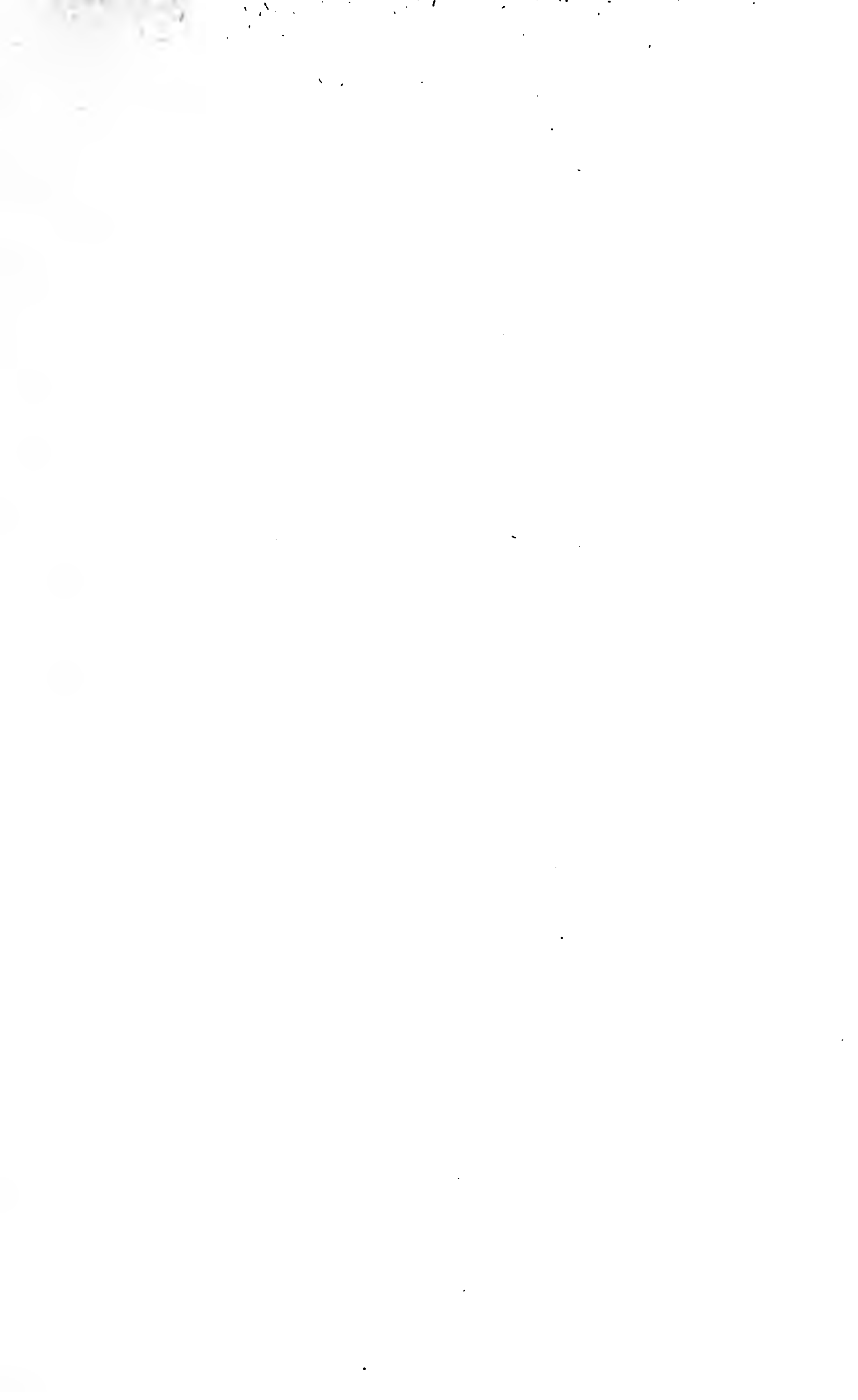



Accessions
243,141
Shelf No.
3760a.50
J.15.
1877.
FOUNDED 1852
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D. 1630.
CIVITATIS REGIMINE DONATA A.D. 1822.
BOSTON PUBLIC LIBRARY
Received Feb. 28, 1878.









ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

ERSTES HEFT.

MIT 1 TAFEL UND 2 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN

(FR. COHEN).



Ausgegeben den 16. April 1877.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter

erhalten von den Arbeiten in dieser Zeitschrift

40 Separatabdrücke gratis.

ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

MIT 6 TAFELN UND 11 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN

(FR. COHEN).

Inhalt.

Seite

(Aus dem pharmakologischen Institut der Universität Würzburg.)

Muskelversuche an Warmblütern.

II. Ermüdung und Erholung des lebenden Warmblütermuskels[1]).

Von

Prof. Dr. **M. J. Rossbach** und Dr. **K. Harteneck.**

(Hierzu Taf. 1.)

1. Unmittelbar nach Unterbrechung der Blutzufuhr.

Der Muskel blieb in seiner normalen Lage im lebenden Thiere; es wurde nur die Blutzufuhr durch Unterbindung der betreffenden Arterie abgeschnitten, so dass der Muskel nicht ganz blutleer, sondern nur die fortwährende Erneuerung des lebendig strömenden Blutes aufgehoben wurde.

Die Versuchsanordnung, die Methode der Anschreibung und der Präparation der Thiere war wie in unseren früher mitgetheilten Versuchen. Es wurde alle Secunden durch den Nerven ein Oeffnungsschlag gesendet, der maximale Zuckungen am Muskel hervorrief.

Es zeigten sich hierbei folgende Erscheinungen in Bezug auf die Ermüdung.

Die Ermüdungscurve des in gleichen Zeitintervallen durch seinen Nerven maximal gereizten, belasteten, aus dem Kreislauf ausgeschalteten Warmblütermuskels ist eine gerade Linie. Der Abfall erfolgt so geradlinig, dass eine durch ein Lineal gezogene Gerade die Spitzen sämmtlicher Hubhöhen schneidet.

Der in dieser Weise aus dem Blutstrome ausgeschaltete Muskel

1) Fortsetzung von einer in diesem Archiv. Bd. XIII. S. 607 stehenden Arbeit. — Die ausführlichen Literaturangaben sind in der Dissertation des Herrn Harteneck nachzusehen.

ermüdet nach 2—4 Minuten, so dass nach 120—240 Zuckungen durch Nervenreiz keine Zuckung mehr zu erlangen ist; es ist also der Unterschied in der Höhe der aufeinanderfolgenden Zuckungen ein viel grösserer, als wenn die Ermüdung nur sehr langsam eintritt, wie beim normal durchbluteten Muskel. Dagegen tritt, wenn der Muskel von seinem Nerven aus ermüdet ist, bei direkter Muskelreizung noch einmal eine neue Zuckungsreihe auf, die ebenfalls dem Gesetze des geradlinigen Abfalles folgt.

Die Hubhöhe des blutleeren ist eine viel geringere als die des blutdurchströmten Muskels und zwar ist die Zuckung des letzteren oft um das vierfache höher.

Ein merkwürdiges Verhalten zeigt der Gang der Ermüdung bei der Nervenreizung. Es schreitet nämlich die Ermüdung in ganz gleicher Weise fort, auch wenn von Zeit zu Zeit die Nervenreize ausgesetzt und dafür direkte Muskelreize eingeschaltet werden. Wenn z. B. nach 30—50 direkten Muskelzuckungen wieder mit Nervenreiz begonnen wird, ist die Zuckungshöhe so niedrig, als wenn mit den Nervenreizen weiter, d. h. ohne Unterbrechung fortgefahren worden wäre. Anders ist das Verhalten, wenn die direkten Muskelreize durch Nervenreize unterbrochen werden; es ermüdet in letzterem Falle der Muskel während der zwischengeschobenen Nervenreize nicht in gleicher Weise fort, so dass die Hubhöhen, wenn man nach längerer Nervenreizung wieder mit Muskelreizen beginnt, höher ist, als wenn man während dieser ganzen Zeit den Muskel nur direkt gereizt hätte (Taf. I. Fig. 1).

Die noch später zu erwähnende Steigerung im Beginne der Reize beim frischen oder durch Ruhe etwas erholten blutdurchströmten Muskel tritt beim blutleeren nicht ein. Kürzere oder längere Pausen sind von keinem Einflusse auf die Erholung. Nach Pausen von 2—5 Minuten tritt keine Erhöhung der Mukelhube ein, im Gegentheile erweist sich der Muskel als im Ermüdungsprocesse weiter fortgeschritten.

Es folgen einige Beispiele.

I. Kräftiges Kaninchen in angegebener Weise präparirt und die linke art. cruralis unterbunden. 2 Grove'sche Elemente. Die Schliessungsschläge der sekundären Spirale wurden durch ein dem Pflüger'schen Instrumente zur Ablenkung der Oeffnungsschläge ähnliches abgeblendet und der Muskel theils direkt, theils indirekt durch Oeffnungsschläge gereizt.

Der Strom wurde durch eine Balzar'sche Reizuhr unterbrochen und der Muskel alle Sekunden gereizt. Die Axe des Schreibhebels war durch eine Feder mässig gespannt und betrug die Schreibhebellänge 21 Ctm., der Anheftepunkt des Muskels war 3 Ctm. von der Axe entfernt, so dass man die gezeichnete Länge der Muskelverkürzung durch 7 zu dividiren hat, um die wirkliche zu finden. Maximalzuckungen bei o Rollenabstand.

Zustand des Muskels.	Fortschreitende Zuckungszahlen.	Maximale Hubhöhen.		Constante Differenz der Hubhöhen der aufeinander folgenden Zuckungen.	
		Indirekte Reizung.	Direkte	Indirekte Reizung.	Direkte
		Mm.	Mm.	Mm.	Mm.
Linker Gastrocnemius nach Abschneidung der Blutzufuhr.	1 bis 23	5,5 fallend auf 5	—	0,025	—
	24 bis 59 (35 Z.)	—	9 fallend auf 7	—	0,057
	60 bis 134 (74 Z.)	4 fallend auf 2,5	—	0,0203	—
	135 bis 185 (50 Z.)	—	5,5 fallend auf 3	—	0,05
	186 bis 220 (34 Z.)	1,5 fallend auf 0,75	—	0,022	—
	221 bis 261 (40 Z.)	—	3 fallend auf 1	—	0,05

II. Kräftiges Kaninchen, dem die linke Arteria cruralis unterbunden wurde. 2 Grove'sche Elemente. Maximalzuckungen bei 2 Rollenabstand. Muskel durch Federspannung belastet. Reizung durch den Oeffnungsschlag der sekundären Spirale.

Der Strom wird durch ein Metronom so unterbrochen, dass in der Minute 60 Zuckungen ausgelöst werden. Die Länge des Schreibhebels beträgt 21 Ctm., die Entfernung des Muskelansatzes von der Axe 2 Ctm., sodass mit 10,5 die gezeichnete Länge der Muskelverkürzung zu dividiren ist, um die wirkliche zu finden.

Zustand des Muskels.	Fortschreitende Zuckungszahlen.	Maximale Hubhöhen.		Constante Differenz der Hubhöhen der aufeinander folgenden Zuckungen.	
		Indirekte Reizung.	Direkte Reizung.	Indirekte Reizung.	Direkte Reizung.
Linker Gastrocnemius.	1 bis 44	17,5 fallend auf 11,5	—	0,13	—
Nach 2 Minuten Pause.	45 bis 130 (85 Z.)	6,5 fallend auf 0	—	0,077	—
	131 bis 303 (172 Z.)	—	6,5 fallend auf 2,0	—	0,0261
Nach ½ Minute Pause.	304 bis 349 (45 Z.)	—	1,5 fallend auf 0,5	—	0,0222

2. Versuche am blutdurchströmten Warmblütermukel.

a. Veränderungen der Hubhöhe im Verlaufe der Ermüdung.

Die Versuchsthiere wurden in gleicher Weise präparirt wie bei den Versuchen mit dem blutlosen Muskel; nur blieb der Muskelblutstrom unverändert. Gezeichnet wurden die Hubhöhen des mit Federspannung belasteten Muskels mittelst eines sehr leichten Aluminiumhebels auf die sehr langsam umlaufende Trommel. Meistens wurde der Muskel mittelst der tiefliegengenden Elektrode von seinem Nerven aus gereizt und nur dort, wo es ausdrücklich angegeben ist, direkt, indem verzinnte Stahlnadeln in die Fleischmasse des Muskels und in seine Sehne eingestossen wurden. Angegeben sind in Folgendem die gezeichneten Hubhöhen des Muskels, wobei die Länge des Hebels 21 Ctm., die Entfernung des Muskelansatzes von der Axe 3 Ctm. betrug.

Im Beginne der Reizung zeigt sich bei gleichbleibender maximaler Nervenreizung eine allmälige Steigerung der Muskelhube und zwar bei den verschiedenen Versuchsthieren in ungleichem Grade. Sie beträgt bei Fleischfressern mehr als bei Pflanzenfressern, bei Kaninchen oft 3—5 Mm., bei Hunden 10—15 Mm. und bei Katzen 20 Mm. und mehr, so dass bei letzterem Thiere die Zuckungen zuletzt die doppelte Höhe der ersten Zuckung erreichen können. (Taf. I. Fig. 2 a.)

Diese Steigerung der Hubhöhen im Beginne der Reizung des

frischen Muskels geht rasch vor sich und wird das Maximum der Hubhöhe bei Pflanzenfressern rascher erreicht als bei Fleischfressern, bei ersteren durchschnittlich nach 60—100, bei letzteren (Hunden und Katzen) nach 200 Zuckungen.

Das Ansteigen im Beginne der Reizung tritt dann auf, wenn das Intervall zwischen den einzelnen Reizen ein sehr kurzes (von 1—2 Sek. Dauer) ist. Wird in der Periode des Ansteigens von obigen kürzeren Intervallen auf ein längeres von etwa 5 Sekunden übergegangen, so hört dieses Ansteigen sogleich auf und die Hubhöhe fällt rasch um einige Millimeter.

Das Ansteigen der Muskelhube tritt aber nicht allein am frischen, unermüdeten, sondern auch am ermüdeten Muskel auf, und zwar in jedem Stadium der Ermüdung, wenn nur durch eine längere Pause der Muskel sich etwas erholen konnte. Die erste Zuckung nach der Pause ist um vieles niedriger als die letzte vor derselben, und steigen dann die Zuckungen allmälig bedeutend an. Dieses Ansteigen wird bedeutender, wenn die Pause etwas mehr (2—10 Minuten) beträgt und vollzieht sich um so langsamer, je ermüdeter der Muskel bereits vorher war (Taf. I, Fig. 2 b). Es erfolgt dieses Ansteigen der Hubhöhe sowohl beim frischen als auch ermüdeten Muskel nicht ganz gleichmässig, indem die Steigerung anfangs rasch und nach und nach immer langsamer zunimmt (Taf. I, Fig. 2. a).

Die Steigerung tritt sowohl auf, wenn der Muskel fortwährend durch Oeffnungsschläge, als auch wenn er abwechselnd durch Oeffnungs- und Schliessungsschläge rasch hinter einander gereizt wird. Die Zuckungshöhen nehmen beim Beginne der Reize auch zu, wenn der Muskel direkt gereizt wird.

An dieses Stadium des Ansteigens schliesst ein solches des rascheren Abfallens, welches wir das erste Ermüdungsstadium nennen wollen. Ein Beharren auf der maximalen Zuckungshöhe ist nicht zu constatiren d. h. nachdem der Muskel nach 100—200 Zuckungen die stärkste Verkürzung seiner Länge erlangt hat, bleibt ihm keine Kraft sich auf dieser zu erhalten, sondern er beginnt unmittelbar zu ermüden. In dieser Phase der Ermüdung macht bei allen Warmblütern, die bisher zu Versuchen benutzt worden sind, die Verbindungslinie der Spitzen der Hubhöhen einen zur Abscisse steilen Abfall, dessen Steilheit aber gegen Ende dieses Stadiums abnimmt. Bei Kaninchen vollzieht sich dieses Stadium sehr rasch, so dass nach 6—800 rasch aufeinander folgenden Zuckungen die Hubhöhe des

Muskels nur mehr $^1/_4$—$^1/_5$ der ursprünglichen beträgt. Bei Hunden geht es entsprechend langsamer und bei Katzen umfasst dieses Stadium 6000—7000 Zuckungen und ist dann die ursprüngliche Hubhöhe erst um etwa die Hälfte verringert; trotzdem ist auch bei diesem Thiere das erste Ermüdungs-Stadium von dem folgenden leicht zu unterscheiden.

Daran schliesst sich das zweite Stadium des Ermüdungsverlaufes. Die Zuckungen, die schon beträchtlich kleiner geworden sind, halten sich längere Zeit auf fast gleicher Höhe, so dass die die Spitzen der Zuckungen verbindende Linie ausserordentlich langsam der Abscisse sich nähert. Dieses Stadium hat nach Individualität und Thiergattung eine verschieden lange Dauer und umfasst bei Kaninchen 1000—4000, bei Hunden 20,000—30,000 Zuckungen, während es bei Katzen, die geradezu unermüdlich erscheinen, sich über 40,000—50,000 Zuckungen erstreckt.

Fassen wir beide Ermüdungsphasen zusammen, so erhalten wir für den Gang der gesammten Ermüdung eine Linie, die sich mit concaver Krümmung anfangs rascher, später langsamer der Abscisse nähert (Taf. I, Fig. 3).

Mit Hülfe der uns zu Gebote stehenden Apparate war es nicht möglich den Gang der Ermüdung ohne Unterbrechung zu beobachten, weil in Ermangelung einer unendlichen Rolle der Versuch durch Pausen, die zur Einsetzung einer neuen Rolle ins Myographion nöthig wurden, öfters unterbrochen werden musste und durch das nach jeder Pause eintretende Ansteigen der Muskelhube ein dem Ermüdungsverlaufe fremder Vorgang hervorgebracht wird.

Unter den Zuckungen zeigen sich immer einige von etwas grösserer Höhe und zwar so, dass auf 4—6 niedrigere 2—3 etwa um $^1/_2$—2 Mm. höhere Zuckungen folgen, so dass oft die Linie, welche die Kuppen der einzelnen Hubhöhen verbindet, die Form einer Wellenlinie bekommt d. h. es entsteht eine Reihe von längeren Wellenthälern und kürzeren Wellenbergen (Taf. I, Fig. 2a). Eine Regelmässigkeit in dem übrigens unbedeutenden Sinken und Steigen der Zuckungshöhe (denn $^1/_2$—2 Mm. der gezeichneten Höhe entspricht 0,07—0,28 Mm. wirklicher Muskelverkürzung) liess sich nicht nachweisen. Dieselben treten, sowohl bei direkter als indirekter Reizung auf, im ersteren Falle etwas weniger deutlich. Sie sind in jedem Stadium der Ermüdung zu constatiren (doch wird ihre Höhe um so niedriger, je ermüdeter der Muskel) und zeigen sich sowohl, wenn

allein mit Oeffnungsschlägen, als auch wenn abwechselnd mit Oeffnungs- und Schliessungsschlägen gereizt wird. Dagegen treten sie nicht auf bei dem blutleeren Muskel. Funke[1]) erwähnt dieselben auch bei seinen Froschversuchen und ist geneigt sie als übermaximale Zuckungen anzusehen.

Die von Tiegel »Contractur«, von Hermann besser »Verkürzungsrückstand« genannte Erscheinung trat bei allen unseren Versuchsthieren auf, doch auffälliger Weise bei Katzen am wenigsten. Sie manifestirt sich dadurch, dass der Muskel sogleich nach der ersten Reizung nicht auf die Abscisse zurückkehrt, sondern um 1—2 Mm. verkürzt bleibt, eine Verkürzung, die während der folgenden 5—10 Zuckungen auf 6—7 Mm. steigt. Darauf erfolgt eine Wiederverlängerung des Muskels, die sich auf 15—20 Zuckungen bei Hunden, auf 30—50 Zuckungen bei Kaninchen ausdehnt, und entsteht dadurch eine zur Abscisse zuerst concave und dann convexe Krümmung.

Die Wiederverlängerung beträgt 3—4 Mm., so dass immer noch eine Erhebung von 2—3 Mm. über der Abscisse übrig bleibt, welche so lange in gleichem Grade fortbesteht, bis der Versuch aus irgend welchem Grunde unterbrochen wird.

Der Verkürzerungsrückstand tritt nur dann auf, wenn die Intervalle zwischen den einzelnen Reizen von einer gewissen Dauer sind und zwar muss mindestens alle Sekunden ein Reiz erfolgen. Ist das Intervall ein grösseres, so zeigt sich ebenso wenig die anfängliche starke Verkürzung als die spätere gleichmässige Erhebung über die Abscisse. Folgt auf ein kurzdauerndes Intervall ohne Pause ein längeres, so kehrt der Muskel langsam zu seiner Abscisse zurück, und umgekehrt folgt auf ein längeres Intervall, welches die Contractur nicht hervorrufen konnte, ein kürzeres, so tritt dieselbe wiederum auf.

Der Zustand des Verkürzerungsrückstandes des Muskels tritt sowohl bei direkter als auch bei indirekter Reizung auf, jedoch nicht bei allen Thieren gleich stark. Er erscheint sowohl bei dem noch ganz frischen Muskel als auch bei dem durch viele Tausende von Zuckungen ermüdeten.

b. Einfluss von Variabeln auf den Gang der Ermüdung.

I. Einfluss der Stärke des Inductionsstromes.

Bei einem Rollenabstand von 30—36 Cm. der sekundären von

1) Dieses Archiv VIII. S. 225 u. 226.

der primären Spirale eines Du Bois'schen Schlittens erfolgt gewöhnlich die erste Zuckung; die Maximalzuckung tritt meistens bei einem Rollenabstand von 4—6 Cm. auf. Ist einmal die Maximalzuckung erreicht, so tritt niemals, in keinem Stadium der Ermüdung auf weitere Verminderung der Rollenabstände eine grössere Hubhöhe auf (wie dies Funke auch bei Fröschen gefunden hat).

II. Einfluss der Grösse der Reizintervalle.

Dieselbe übt einen grossen Einfluss auf den Ermüdungsverlauf und gilt durchgehends als Gesetz, dass die Ermüdung um so rascher erfolgt, je kurzer die Intervalle. Ist der Muskel durch schnell aufeinander folgende Reize ermüdet, so wirkt ein grösseres Reizintervall erholend auf den Muskel, so dass die Hubhöhe auf eine neue Verkleinerung der Intervalle wieder ansteigen kann. Hat man gleich von Anfang an ein länger dauerndes Reizintervall gewählt und geht dann plötzlich in ein kürzeres über, so erfolgt während der folgenden 50—100 Zuckungen eine Vergrösserung der Hubhöhe, die öfters mehrere Millimeter beträgt.

III. Wirkung der Erholung.

Wie schon erwähnt, ist die erste Zuckung nach einer Pause immer, besonders kurz nach Beginn des Versuches, viel niedriger als die letzte vor der Pause und zwar beträgt die Differenz oft 10—15 Mm. bei Hunden und Katzen, bei Kaninchen entsprechend weniger. Ist aber der Muskel schon ermüdet, so beträgt die Differenz zwischen der letzten Zuckung vor und der ersten nach der Pause nur mehr 2—4 Mm. und wird diese Differenz immer noch kleiner.

Hat der Muskel die Hubhöhe vor der Pause wieder erreicht, was bei Hunden und Katzen je nach dem Ermüdungsstadium in 50—300 Zuckungen geschehen ist, so steigt er noch während weiterer 100—200 Zuckungen an, so dass seine jetzige Hubhöhe die vor der Pause um 1—2 Mm. übertrifft und der Muskel sich um 500—600 Zuckungen erholt hat. Längere Pausen von 20—30 Minuten bringen keine stärkere Erholung zu Stande als solche von 2—10 Minuten. Auch bei Kaninchen zeigen sich die Wirkungen der Pausen, nur dass sie rascher verschwinden.

Bei Warmblütern ist also der Erfolg der Erholung nur ein geringer gegenüber den von Funke und Kronecker bei Fröschen gefundenen Werthen.

IV. Unterschiede zwischen Oeffnungs- und Schliessungsschlägen.

Die Reizung eines Katzen-Muskels erfolgte mit abwechselnden Oeffnungs- und Schliessungsschlägen und zwar vom Nerven aus, nachdem ermittelt worden war, dass bei 6 Cm. Rollenabstand maximale Zuckung auftrat.

Die Oeffnungszuckungen sind bei dieser Versuchsanordnung anfangs bedeutend höher (fast nochmals so hoch) als die Schliessungszuckungen. Beide nahmen bei Beginn des Versuches an Höhe zu, die Oeffnungszuckungen mehr als die Schliessungszuckungen (Taf. I, Fig. 3).

Als wesentlicher Unterschied zwischen beiden Reizarten zeigt sich jedoch, dass im Verlaufe der Ermüdung die Oeffnungszuckungen rascher an Höhe abnehmen als die Schliessungszuckungen, so dass nach mehreren Tausenden von Zuckungen beide von gleicher Höhe sind. Ist der Muskel am Ende seiner Reizbarkeit angelangt, so hören zuerst die Oeffnungsschläge auf noch Zuckungen zu erregen, während die Schliessungszuckungen noch eine Höhe von $\frac{1}{2}$ Mm. haben. Durch die Wirkung des Veratrins kann der Muskel wieder zu Oeffnungszuckungen gebracht werden, doch sind sie niedriger als die Schliessungszuckungen.

Wie Tiegel[1]) an Fröschen, sahen auch wir, dass nach Bewegungen des Thieres auf einmal die Zuckungen etwas höher wurden und längere Zeit auf dieser Höhe blieben, gerade als ob in diesen Bewegungen ein erholendes Moment gelegen hätte.

V. Tetanische Reizung.

Wir haben darüber nur bei der Katze einige Versuche angestellt. Es wurde deren Gastrocnemius mittelst eines Inductionsstromes gereizt und schrieb der Muskel die Veränderungen seiner Länge auf die in langsamstem Umlaufe befindliche Trommel.

Vor allem ist hervorzuheben die ausserordentliche Ausdauer des Katzenmuskels; so wurde eines der Thiere, das vorher mit 21,000 Oeffnungsschlägen und dann noch mit 16,000 abwechselnden Oeffnungs- und Schliessungsschlägen gereizt worden war und bei dem die Zuckungsgrössen von 60 allmälig auf 18 Mm. gesunken waren, sodann mit nur kurzen Unterbrechungen 45 Min. lang tetanisch gereizt, ohne jedoch gelähmt zu werden, auf neuerdings eingeleitete

1) Abdruck aus d. Bericht. der mathem.-phys. Cl. d. K. sächs. Ak. d. Wissensch. 1875, S. 48.

unterbrochene Reize zuckte der Muskel noch in der Höhe von 1/2 Millimeter.

Die Verkürzung des Muskels bei tetanischer Reizung ist eine ganz beträchtliche (die gezeichnete Curve stieg bis 52 Mm., während die kurz vorher ausgelöste Oeffnungszuckung nur nahe eine Höhe von 18 Mm. hatte) und wird dieselbe bei den ersten tetanischen Zusammenziehungen fast augenblicklich erreicht; bei den späteren tetanischen Reizungen erfolgt die Verkürzung in 2 getrennten Phasen, die erste fast augenblicklich und von da in langsamer Steigerung noch um mehrere Millimeter. Auf dieses Stadium der Verkürzung folgt ein Stadium des schnelleren Verlängerns, das aber nur bei den ersten Tetanuscurven zu constatiren ist und geht es dann in ein Stadium über, wo der Muskel ganz allmälig an Länge zunimmt.

Bei den späteren tetanischen Erregungen des Muskels, wenn derselbe immer mehr ermüdet, verlängert sich der Muskel gleich nach der ersten Verkürzung sehr allmälig; in den allerspätesten Stadien ist der Muskel nicht im Stande die erreichte Hubhöhe nur während kurzer Zeit beizubehalten. — Auch die Muskelhube nehmen im Laufe der Ermüdung durch Tetanus sehr an Höhe ab.

Nach Beendigung eines tetanischen Reizes traten einigemale auf Schliessungs- und Oeffnungsschläge mehrere, sehr grosse Zuckungen auf, als ob der Tetanus erholend gewirkt hätte, denen dann erst solche von erwarteter und beständiger Höhe folgten. So traten z. B. Zuckungen von 8 Millimeter, ein anderes Mal von 12 Millimeter Höhe auf und erst darauf folgte eine lange Reihe von Zuckungen von 2—1 Mm. Höhe. Eine Erscheinung, die wir uns vorläufig nicht zu erklären vermögen.

b. Einwirkung von Giften.

a. Veratrin.

Zu seiner Wirkung haben wir für jetzt zu unserer ersten Mittheilung nur noch weniges hinzuzufügen. In allen weiteren Versuchen äusserte es seine Wirkung bei Hunden, Katzen und Kaninchen gleich prompt. Es brachte, wie schon erwähnt, verschwundene Oeffnungszuckungen wieder zum Vorscheine und vergrösserte die noch bestehenden Schliessungszuckungen um das Doppelte und behielten dann beide ihre Grösse während längerer Zeit bei.

b. Coffeïn.

Wir experimentirten damit bis jetzt nur bei Kaninchen, indem wir grössere Dosen in die Vena jugularis einspritzten. Auf Dosen von 0,005 Coffeïn trat eine bedeutende Beschleunigung des Ermüdungsverlaufes ein, so z. B. fiel in einem Falle die Hubhöhe in 600 Zuckungen von 9 auf 2 Millimeter. Dieselbe vergrösserte sich dann wieder, besonders auf Einspritzungen von Veratrin, so dass noch 5200 Zuckungen gezeichnet wurden, bis die Muskelhube auf $^1/_2$ Mm. gesunken waren.

Erklärung der Tafel I.

Fig. 1. Versuch an einem seiner Blutzufuhr beraubten Gastrocnemius des Kaninchens. Oeffnungsschläge.

$m.\ m_1\ m_2$ Beginn direkter Muskelreizung,

$n.\ n_1$ Beginn indirekter Reizung.

Fig. 2. Versuch an einem normalen, lebenden Katzenmuskel bei indirekter Reizung mit Oeffnungsschlägen.

a Frischer Muskel,

b durch 16,000 Zuckungen ermüdeter Muskel nach einer Pause von 10 Minuten.

Fig. 3. Schema eines Versuches an einem normalen, lebenden Katzenmuskel. Die oberen Endlinien bezeichnen die Hubhöhen, die ausgezogenen die der Oeffnungszuckungen, die unterbrochenen die der Schliessungszuckungen. Die fetten und die dünnen Ordinaten, welche durch die Abscisse und die oberen Endlinien begränzt sind, bezeichnen immer das Mittel von je 200 Hubhöhen.

Die bei der 26,600. Zuckung eintretende Steigerung erfolgte, nachdem das Thier unruhig gewesen war.

Die Höhe der einzelnen Linie nach der 36,600. Zuckung bedeutet die maximale tetanische Muskelverkürzung.

Nach dem letzten Tetanus bedeuten die ausgezogenen Linien die Oeffnungszuckungen, die, vorher verschwunden, nun durch Wirkung des Veratrins wieder zum Vorschein kamen.

Ueber Essigsäure, Ameisensäure und vermuthliche Schweflige Säure und Salpetrige Säure aus Menschenharn.

Von

J. L. W. Thudichum,
M. D. London.

---

1. Einleitende Bemerkungen.

Die erste Notiz über Essigsäure aus Menschenharn findet sich bei dem französischen Chemiker Louis Proust, in der ausgezeichneten Untersuchung, welche er zuerst in den spanischen Annales de Historia Naturae, 1800, No. III. p. 275 und Ann. Chim. 36, 258, und dann wieder in den Ann. Chim. 14 (1820) 260 veröffentlichte. Er nannte das Product »Essig«, und erhielt es durch die Zersetzung von sogenanntem Harnextrakt mit Schwefelsäure. Um 1844 wurde die Essigsäure von Liebig (Annalen 50, 161) aus gefaultem Harn dargestellt; er hielt sie für ein Zersetzungsproduct der Farbstoffe, und glaubte, dass sie aus frischem Harn nicht erhalten werden könne. Im Jahr 1863 wiederholte ich die Versuche von Proust und konnte alle Angaben desselben bestätigen und erweitern. Meine Resultate sind theils im British Medical Journal 1864, theils im 11. und 12. Report of the Medical Office of the Privy Council niedergelegt. Ueber den Befund von Essigsäure und Ameisensäure habe ich ausserdem einen Aufsatz im Journal of the Chemical Society, London, November 1870, mitgetheilt.

Unter diesen Umständen musste mir eine Bemerkung von Richard Gscheidlen auf Seite 404 des 14. Bandes dieses Archivs auffallen, in welcher derselbe, um seine Behauptung der Gegenwart von Schwefelcyanwasserstoffsäure im Harn zu unterstützen, das Vorkommen von Essigsäure im normalen Menschenharn in Abrede zu stellen scheint. Er behandelte nämlich alkoholische Extracte von Harn (von Menschen und Thieren), welche durch Baryt

von Schwefel- und Phosphorsäure befreit und mit Thierkohle entfärbt waren, mit Ferrichloridlösung und erhielt eine intensive rothe Färbung. Er sagt weiter: »Dieselbe änderte sich nicht weder beim Kochen, noch bei Zusatz von Kaliumchlorid, Kochsalz oder Salmiak. Ich erwähne des letzteren Umstandes deswegen, weil Thudichum das Vorkommen von Essigsäure im normalen Harn auf's neue wieder nachgewiesen haben will und Essigsäure Eisenoxydsalze in der Kälte roth färbt.«

Ich will nun hier die Beobachtungen des Herrn Gscheidlen keiner objektiven Kritik unterwerfen, obwohl es auffallen muss, dass er das Extract im alkolischen Zustande verwendet; dieselbe Reaction habe ich häufig erhalten, allein stets verschwand sie auf Zusatz einer genügenden Menge Salzsäure. Was ich aber rügen muss, ist, dass Herr Gscheidlen von den Angaben der Autoren über Essigsäure aus Menschenharn in einer Weise spricht, als ob sie unbewiesene Hypothesen seien, auf welche sich eine Redeweise anwenden lasse ähnlich der, mit welcher unverbürgte Gerüchte verbreitet werden. Ob im Harn Schwefelcyanwasserstoffsäure vorkomme, wird sich beweisen lassen oder nicht. Alle Argumente des Herrn Gscheidlen könnten ganz richtig sein, nur ist es alsdann nicht begreiflich, wie er die Essigsäure und Ameisensäure im Harn übersehen konnte.

Ich habe aus grossen Mengen Harn von gesunden Männern Extract, und aus diesem mit Hülfe von Schwefelsäure flüssige Säure dargestellt. Dieselbe wurde zuerst in Sodasalz verwandelt, und dann mit Aether von rothem Oel befreit. Zersetzte ich sie nun mit Schwefelsäure, so erhielt ich die Benzoesäure in Krystallen. Die filtrirte Mischung wurde jetzt wieder destillirt und die übergehende Säure theils in Baryt-, theils in Bleisalze verwandelt. Von diesem Material habe ich viel für Analysen, Reactionen und andere Versuche verarbeitet; einige der schönsten Präparate habe ich verschenkt. Es bleiben aber eben noch in meinem Besitz folgende Präparate, deren Gewicht ich hier angebe.

Barytsalze. 1) 53 Grm. grosser Krystall einer Mischung von Baryum-Acetat und Formiat, an der ich den Isomorphismus dieser Salze bewiesen habe.

2) 39 Grm. eines weissen krystallinischen Präparats, beinahe reines Acetat.

3) 43 Grm. eines weissen krystallinischen Präparats, reines Acetat.

Also im Ganzen restiren 135 Grm. gemischter Salze von Baryt.

Bleisalz. 1) 32 Grm. ganz reines, krystallisirtes Acetat, aus Alkohol krystallisirt.

2) 28 Grm. reines, krystallisirtes Acetat, wie das vorige mit Alkohol bereitet.

Alle vorstehend genannten Präparate sind aus ganz frischem Harn, das folgende Präparat ist aber aus gefaultem Harn gesunder Menschen dargestellt.

3) 126 Grm. beinahe weisses krystallisirtes Acetat und Formiat.

Also restiren im Ganzen 186 Grm. Bleisalze der gemischten Säuren.

Solche Mengen von Salzen, deren Natur ganz unverkennbar ist, sind ein beinahe spasshafter Commentar auf die oben angeführte Redensart [1]) des Herrn Gscheidlen:

Keins dieser Präparate enthält, oder enthielt je, so oft auch danach geforscht wurde, eine Spur von Schwefelcyanwasserstoffsäure.

Ich halte diess keineswegs für einen Beweis, dass diese Säure im Harn nicht enthalten ist. Sie könnte, wie die Salzsäure, im Extract zurückbleiben; die Destillate enthalten nämlich nie eine Spur Salzsäure, ehe alle organischen Verbindungen im Extract durch die Schwefelsäure zerstört sind, und diese Säure selbst im grossen Ueberschuss vorhanden ist. Oder die Schwefelcyanwasserstoffsäure könnte zerstört werden; dagegen spricht aber, dass die Destillate,

---

1) Der Redensarten: N. N. „will gefunden haben" etc. oder: „nach X. X. soll" dieses und jenes stattfinden, bedienen sich manche Berichterstatter oder resümirende Artikelschreiber mit der Absicht, die so behandelten Angaben auf wohlfeile Weise verdächtig zu machen. Jedenfalls schliessen die Ausdrücke eine Geringschätzung ein, die namentlich dann unverantwortlich ist, wenn ein Autor die so geringgeschätzten Arbeiten gar nicht einmal gelesen hat. Dass auch andere Schriftsteller in Bezug hierauf derselben Meinung sind wie ich, kann der Leser z. B. in den „Grundlinien der Chemischen Pathologie des Stoffwechsels" von Professor Beneke in Marburg sehen. Derselbe beschwert sich mit Recht bitter, dass er, nach anderen Autoren, das Vorkommen von Cholesterin in den Erbsen nur gefunden haben „soll", während er es doch wirklich gefunden „hat". Allein, wenn er von Uromelanin spricht, so „soll" dasselbe doch auch nur aus Urochrom entstehen, und eine wirkliche Entstehung aus Urochrom oder eine Entstehung überhaupt wird ihm nicht zugeschrieben.

obwohl wahrscheinlich stets schweflige Säure enthaltend, niemals eine Spur Schwefelwasserstoff liefern. Die salpetrige Säure aber, welche in den Destillaten stets enthalten zu sein scheint, wird wohl nicht leicht im Zusammenhang mit der Schwefelcyanwasserstoffsäure zu bringen sein.

2. Methode die Essigsäure und Ameisensäure aus dem Harn zu isoliren.

a) aus frischem Harn. Der Harn wird über freiem Feuer auf ein zehntel Volum eingedampft, und dann vom Absatz, der aus Phosphaten, Uraten und zuweilen Gyps besteht, abfiltrirt. Das Filtrat wird dann langsam auf dem Sandbad abgedampft, bis sich eine Haut von Uraten bildet. Nach dem Abkühlen wird wieder filtrirt, und das Filtrat auf dem Wasserbad zum Syrup verdampft; diesen lässt man nun mit dem Wasserbad recht allmählich abkühlen, um eine feste Krystallisation der Salze und des Harnstoffs herbeizuführen. Der Syrup wird jetzt von dem festen Krystallkuchen abgegossen, wenn nöthig mit ein wenig Wasser verdünnt, und dann mit gebrannter Magnesia gemischt, bis er eine alkalische Reaction angenommen hat und eine filtrirte Probe bei Zusatz von etwas Essigsäure und Ferrichlorid keinen unmittelbaren Niederschlag gibt. Die Mischung wird jetzt filtrirt. Das Filtrat, welches man als „gereinigtes Harnextract" bezeichnen kann, enthält weder Phosphor- noch Harnsäure, wenig schwefelsaure Salze und geringe Mengen von Chloriden; es enthält freies Alkali und Kreatinin, aber keine Magnesia. Dieses Harnextract wird nun in einem hohen Becherglase mit konzentrirter Schwefelsäure gemischt, die man tropfenweise und unter beständigem Umrühren zusetzt. Es setzt sich Uromelanin in Flocken ab; die Mischung wird jetzt filtrirt, mit Wasser verdünnt, und aus einer geräumigen Retorte destillirt. Sobald die Hälfte der Flüssigkeit abdestillirt ist, wird man das flüssige Harz und körnige Uromelanin abgeschieden finden. Man unterbricht die Destillation, trennt Flüssigkeit und Harze durch Dekantiren und Filtriren, und bewahrt sie für weitere Untersuchungen auf. Die Destillate aber, welche die flüchtigen Säuren enthalten, werden behandelt wie ich weiter unten angeben will.

b. Aus gefaultem Harn. Der gefaulte Harn wird mit etwas gepulvertem Kalk, oder Sägespänen gemischt und filtrirt. Dabei färbt er sich dunkelbraun; er wird nun in einer Schale über freiem

Feuer verdampft. Obwohl er bald eine stark saure Reaction annimmt, geht doch hauptsächlich nur Ammoniak weg. Aller Schaum, der sich während der Verdampfung bildet, muss sorgfältig abgeschöpft werden. Wenn schwarze Partikelchen auf der Oberfläche erscheinen, lässt man die Flüssigkeit erkalten, filtrirt, giesst sie in eine Retorte, setzt verdünnte Schwefelsäure zu, und destillirt. Eine Mischung von Salzsäure, Benzoesäure, Essigsäure und Ameisensäure geht über, zugleich mit einer übelriechenden Materie, welche sich in Flocken absetzt, wenn man das Destillat stehen lässt. Der Rückstand in der Retorte setzt das Uromelamin gemischt mit Harz (Uropikrin und Omicholin) ab. Das Destillat wird weiter behandelt wie folgt.

3. Behandlung der Destillate.

Feste Benzoesäure, welche meist nur in den Destillaten aus faulem Harn vorkommt, wird abfiltrirt. Die Flüssigkeit wird dann mit gepulverter Soda gesättigt und auf dem Dampfbad eingeengt. Sobald sie roth wird und einen besonderen aromatischen Geruch ausstösst, wird sie abgekühlt und mit Aether erschöpft. Dieser löst das erwähnte rothe Oel auf, welches nach dem Verdampfen des Aethers zurückbleibt, und mit Merkurinitrat, beim Kochen, eine der des Tyrosins oder des Kreosots nicht unähnliche rothe Reaction liefert. Die Lösung der Salze wird dann weiter bis nahe zur Krystallisation verdampft und sodann mit Schwefelsäure zersetzt. Die Benzoesäure setzt sich jetzt als dicke Masse auf der Oberfläche ab, und wird abfiltrirt. Die Flüssigkeit wird mit Wasser gemischt und destillirt. Das Destillat ist nun reiner, und wird abermals neutralisirt und nach erneuter Zersetzung abermals destillirt. Das Destillat giebt jetzt die Reactionen der Essigsäure und Ameisensäure als der Haupt-Ingredienzien, riecht aber dabei nach Butter- und Capronsäure. Beim Kochen mit kohlensaurem Blei werden Bleisalze erhalten, die zuweilen krystallisiren, besonders wenn sie mit etwas Aether behandelt werden; häufig aber bleiben sie als farblose, durchscheinende, manchmal feste, manchmal zähflüssige Massen. In Folge dieser sonderbaren Eigenschaften ist es sehr schwer, wenn nicht unmöglich, aus der wässrigen Lösung reine Krystalle zu erhalten. Ich verfuhr daher wie folgt.

4. Ausziehen des neutralen Blei-Acetats vermittelst Alkohols.

Die wässrige Lösung des ersten Absatzes aus der Wasser-

lösung wurde in Alkohol von 85 % gegossen. Die Mischung setzte nach mehrtägigem Stehen eine grosse Menge nadelförmiger Krystalle ab. Dieselben wurden gesammelt, auf Papier getrocknet. Im lufttrocknen Zustande enthielten sie noch 1.61 % Feuchtigkeit, und dann Krystallwasser, wie folgende Analysen zeigen.

a) 2.5725 Grm. bei 130° getrocknet, schäumten auf und rochen schwach nach Essig. Nach mehrtägigem Trocknen hatten sie 0.4052 Grm. Wasser verloren, und 2.1573 Grm. trockenes Salz hinterlassen. Folglich war der Verlust 15.81 %; hiervon 1.61 % Feuchtigkeit abgezogen, lässt die 14.2 % Verlust für die theoretisch geforderten $3H_2O$.

b) 2.1573 Grm. des getrockneten Salzes wurden mit H_2SO_4 behandelt, behutsam erhitzt, zuletzt zur Rothgluth, dann nochmals mit Säure befeuchtet und abgeraucht. Es blieben 2.005 Grm. $PbSO_4$, während die Theorie des Acetats 2.0102 fordert. Das trockne Salz enthielt demnach 63.66 % Pb, oder die für neutrales Acetat geforderte theoretische Menge.

5. Ausziehen des halb-basischen Acetats vermittelst Alkohols.

[$2(C_4H_6PbO_4) + PbO$.] Man hat dieses Salz in chemischen Untersuchungen über die Essigsäure bisher auf folgende Weise erhalten: a) durch Schmelzen des neutralen Salzes bei 280° und Erhalten auf dieser Temperatur bis es wieder fest wurde; b) durch Digestion der wässrigen Lösung von zwei Molekeln des neutralen Salzes mit einem Molekel Bleioxyd frei von Kohlensäure, bis Lösung stattgefunden hat, und nachheriges Abdampfen. Das Salz hat alkalische Reaction. In der gegenwärtigen Untersuchung wurde dieses Salz auf folgende Weise erhalten: Die flüchtigen Säuren aus Harn wurden mit kohlensaurem Blei bis zur Sättigung behandelt, und das Filtrat verdampft. Bei einer gewissen Concentration krystallisirte es vollständig. Nach dem Wiederauflösen krystallisirte ein Theil zuerst, und wurde isolirt und durch Umkrystallisiren gereinigt. Die gesättigte Lösung dieses Theils in Wasser wurde nun in eine grosse Menge Alkohol gegossen. Ueber Nacht setzten sich prismatische Nadeln von glashellen Krystallen ab. Dieselben verloren bei 100° nur eine Spur Feuchtigkeit, und waren demnach frei von Krystallwasser. Zwei Bleibestimmungen ergaben 71.26 % Pb, während obige Formel 71.37 % fordert. Schindler erhielt diese Verbindung in Krystallen mit zwei Molekeln Wasser. Er goss die gesättigte

wässrige Lösung in das gleiche oder doppelte Volum Alkohol, worauf sich das Salz in perlweissen Schuppen absetzte. Diese verloren bei 90° 2 % Wasser, schmolzen, und bildeten beim Abkühlen ein farbloses Gummi. Dieses verlor mehr Wasser bei weiterem Erhitzen, und ging in eine opake weisse Masse über. Diese Formen von perlweissen Schuppen, farblosem Gummi und weisser Masse wurden auch im Lauf dieser Untersuchung erhalten. Der Umstand, dass die Krystalle frei von Krystallwasser waren, ist erklärlich dadurch, dass sie aus einem grossen Volum starken Alkohols erhalten wurden. Sie waren nicht Formiat, (welches 69.8 % Pb enthält,) und enthielten keine Ameisensäure.

Allein die dritte und vierte Krystallernte aus der Mutterlauge der eben beschriebenen Verbindung waren sichtbar Mischungen von neutralem Acetat mit Formiat; das letztere krystallisirte in kleinen opaken körnigen Gruppen, während das Acetat in glänzenden Nadeln krystallisirt. Das dritte Krystallisations - Produkt enthielt wenig, das vierte viel Formiat. Das fünfte Product sah sehr homogen aus, und enthielt nach zwei Bestimmungen 67.44 % Pb; mit Schwefelsäure zersetzt gab es so viel Kohlensäure und Kohlenoxyd, dass der Schluss unvermeidlich war, das Salz enthielte mehr als die Hälfte seines Gewichts an Formiat. Das sechste Product hatte ebenfalls ein ganz homogenes Aussehen, und enthielt 67.74 % Pb. Folglich enthielt dieses Product mehr Formiat als das fünfte; aber selbst in den letzten Krystallen konnte kein reines Formiat erhalten werden. Die letzten Mutterlaugen enthielten kleine Mengen an Salzen mit weniger als der für Essigsäure geforderten Bleimenge. Kurz, der Process der fractionirten Krystallisation gab kein einziges reines Product, nachdem das Vorwalten des Acetats aufgehört hatte, und selbst die Anwendung von Alkohol, durch welche man (nach den Handbüchern) das darin unlösliche Formiat von dem darin löslichen Acetat soll trennen können, ergab bei meiner Mischung kein erwünschtes Resultat; denn das Acetat hielt das Formiat in Lösung im Alkohol, oder fiel mit ihm zusammen aus der eingeengten Lösung.

6. Barytsalze der flüchtigen Säuren aus Harn.

Da die im vorigen beschriebenen Versuche mit den Bleisalzen kein Mittel zur vollständigen Trennung der Säuren geliefert hatten, so bereitete ich eine neue Menge der Säuren, und verband sie mit Baryt durch Kochen mit dem Carbonat. Die Lösung wurde bis zum

Syrup verdampft und zur Krystallisation hingestellt. Es bildeten sich langsam krystallinische Krusten, welche weggenommen und nicht analysirt wurden. Die zweite Krystallisation war ganz homogen und farblos und enthielt im Mittel von zwei Bestimmungen 54.05 Ba. Baryum-Acetat fordert 53.72 % Ba. Die Krystalle waren daher reines Acetat; sie gaben alle Hauptreactionen der Essigsäure und waren frei von Ameisensäure.

Ich liess nun die Mutterlauge lange ruhig stehen. Auf ihrer Oberfläche bildete sich eine harte Kruste, und unter derselben glashelle, durchsichtige rhomboedrische Krystalle, welche analysirt wurden.

a) 0.7712 Grm. verloren bei 110° 0.1010 Grm. Wasser, oder 13.09 %. Danach hätte man zu der Ansicht verleitet werden können, die Krystalle seien ein neues Hydrat des Baryum-Acetats von der Formel $C_4H_6BaO_4 + 2H_2O$, Atom-Gewicht 291, welches 12.37 % Krystallwasser fordert.

b) Die 0.6702 Grm. trocknen Salzes lieferten allein 0.6362 Grm. $BaSO_4$, gleich 55.74 % Ba. Die Theorie des Acetats fordert 53.72 % Ba. Das hypothetische Dihydrat des Baryum-Acetats sollte bei directer Verbrennung ohne vorhergehendes Trocknen 47.07 % Ba geben, allein

c) 0.7878 Grm. (welche bei plötzlichem Erhitzen aufschäumten) hinterliessen 0.66 $BaSO_4$, gleich 49.25 % Ba.

Die Krystalle enthielten demnach sowohl im hydratirten als trockenen Zustande etwa 2 % Ba mehr als dem Acetat entspricht. Das gewöhnliche Baryum-Acetat mit einem Molekel Krystallwasser, $C_4H_6BaO_4 + H_2O$, enthält 6.59 % H_2O, und 50.18 % Ba. Es war desshalb wahrscheinlich, dass die Krystalle entweder gar nicht aus Acetat oder nicht ausschliesslich aus Acetat bestanden. Bei der Untersuchung stellte sich nun auch ein grosser Gehalt an Formiat heraus. Die Menge desselben lässt sich mit Hülfe folgenden Vergleichs ermessen:

Acetat fordert	Krystalle enthalten	Formiat fordert
Ba 53.72 %	Ba 55.74 %	Ba 60.35 %.

Die Krystalle entsprechen einer Mischung von neun Molekeln Acetat, mit vier Molekeln Formiat, welche 55.76 % Ba erfordert. Die Form und stöchiometrischen Beziehungen des Wassers sind wahrscheinlich eine Nachahmung eines bis jetzt noch nicht bekannten Dihydrats von Baryum-Acetat. Aus allem folgt, dass Baryum-Acetat und Baryum-Formiat isomorph sind, und von einander durch

Krystallisation nicht getrennt werden können in Mischungen, in welchen die Zahl der Molekeln des Formiats auf mehr als ein Drittel der Zahl der Molekeln des Acetats steigt. Gerade so verhielten sich die Bleisalze. Weder durch Destillation, noch durch fractionirte Krystallisation der Bleisalze mit oder ohne Alkohol, noch durch fractionirte Krystallisation von Barytsalzen habe ich bis jetzt reines Ameisensaures Salz erhalten können, obwohl es in grossen Mengen vorhanden ist; aber von den vorwaltenden Essigsäure-Salzen wurde eine Krystallisation erhalten. Auf directe Weise lässt sich daher die Menge der gegenwärtigen Ameisensäure nicht bestimmen, wohl aber indirect durch Zerstörung der Ameisensäure, und Destillation der Essigsäure. Ich schätze, dass im Destillat aus Harn auf fünf Molekeln Essigsäure ungefähr ein Molekel Ameisensäure enthalten ist.

7. Bestimmung der Essigsäure und Ameisensäure, welche im täglichen Harn eines Mannes enthalten ist.

Der Harn, welchen ein gesunder Mann während vierzehn aufeinander folgenden Tagen und Nächten entleerte, wurde eingeengt und mit Schwefelsäure destillirt. Das Destillat wurde mit Soda neutralisirt und eingedampft; die konzentrirte Lösung wurde wieder mit Schwefelsäure versetzt, und die Benzoesäure abfiltrirt. Die Flüssigkeit wurde abermals destillirt, und das Destillat mit kohlensaurem Blei gekocht. Das Filtrat gab ein Salz, welches nicht krystallisirt, während des Eindampfens Essigsäure verlor, und zuletzt theilweise in Wasser unlöslich wurde. Von einem Theil wurde zweibasisches Acetat in Krystallen erhalten. Das ganze Salz wurde jetzt mit Schwefelsäure zersetzt, und das Blei als Sulphat gewogen. Es wog 8.007 Grm. entsprechend 5.47 Grm. Bleimetall. Diess entspricht 8.59 Grm. Blei-Acetat aus dem Harn von elf Tagen, oder einer Ausscheidung von 3.12 Grm. Essigsäure, oder 0.288 Grm. für den Tag. Ich unterlasse es aus den gegebenen Gründen die Angaben für Ameisensäure zu berichtigen; die täglich ausgeschiedene Menge der letzteren mag sich auf 0.05 Grm. belaufen.

8. Ueber den Zutand, in welchem Essigsäure und Ameisensäure im Harn enthalten sein mögen.

Da diese Säuren aus dem Harn bis jetzt nur durch Processe erhalten werden können, welche offenbare Zersetzungen, wie z. B. die des Urochrom's, hervorbringen, so muss man die Möglichkeit

nicht aus dem Auge verlieren, dass auch sie, wie die Benzoesäure, Producte der Spaltung komplizirterer Substanzen sein können. Man kann aber bis jetzt derartige Substanzen nicht andeuten, und auf der andern Seite ebensowenig die Möglichkeit verläugnen, dass die Säuren einfach in Verbindung mit Basen sind. Die letztere Ansicht gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch folgende Reaction.

Frischer Harn wird mit etwas Kalkmilch behandelt und filtrirt; es wird ihm dann Eisenchlorid zugesetzt, solange dasselbe einen Niederschlag bewirkt, und ausserdem ein kleiner Ueberschuss. Dieser Eisenniederschlag enthält beinahe die ganze Menge der Extractivstoffe und lässt sich daraus reine Kryptophansäure und Paraphansäure in grosser Menge darstellen. (Die betreffenden Versuche, bereits vor mehreren Jahren ausgeführt, hoffe ich später mitzutheilen.) Das Filtrat von dem Eisenniederschlag besitzt eine tiefrothe Farbe, ähnlich derjenigen, welche Eisensalze in Formiaten, Acetaten, Benzoaten, Succinaten, Schwefelcyaniden und anderen Salzen hervorbringen. Die Kryptophanate geben die Reaction ebenfalls. Allein auch das basische Eisenchlorid ist dunkelroth, und da der Harn stets Ammoniak enthält, wird sich wohl etwas basisches Eisensalz bilden; das Destillat von frischem Harn (ohne Säurezusatz) zeigt die Reaction in der That mit einem Tropfen Eisenchlorid sehr deutlich. Es ist daher vorläufig nicht möglich anzugeben, ob die Reaction einer der angeführten Säuren, oder allen, oder dem Schwefelcyan, oder basischem Chlorid zuzuschreiben ist.

Wenn man den Harn, oder ein Extract desselben, mit einer mässigen Menge Schwefelsäure mischt, und destillirt, so hat man in der Retorte einen eigenthümlichen Zustand der Ingredienzien, der nicht geradehin zu verstehen ist. Dieselben sind nämlich nicht etwa in der Gegenwart von Schwefelsäure, sondern nur in der einer milden chemolytischen Kraft. Die Schwefelsäure wird nämlich sozusagen eingewickelt von der chemischen Anziehung des Harnstoffs, und so lange Harnstoff vorhanden ist, wird kein Sulphat ausser dem des Ammoniaks gebildet. Obwohl im Harn-Extract ein wenig Hippursäure zersetzt, und ein wenig Benzoesäure abgeschieden wird, so bleibt doch viel Hippursäure unverändert in Lösung, und krystallisirt, nachdem das Extract Stunden lang gekocht hat. Wäre die Hippursäure in Gegenwart freier Schwefel- oder Salzsäure gewesen, so müsste sie durch halbstündiges Kochen gänzlich zersetzt worden sein. Derselben schützenden Wirkung des Harnstoffs ist es zuzu-

schreiben, dass in den aus Harnextracten während der Zersetzung des Urochrom's nach meiner Methode erhaltenen Destillaten niemals Salzsäure enthalten ist, obwohl sie stets Essig und Ameisensäure etc. enthalten. Salzsäure wird aus der Flüssigkeit nur durch einen grossen Ueberschuss von Schwefelsäure frei gemacht, und ihr Auftreten wird durch neue Erscheinungen in dem Extract sichtbar gemacht. Es wird schwarz und verliert seine vorher rothe Farbe; es setzt schwarze verkohlte Massen ab, welche von dem Uromelanin und den Harzen himmelweit verschieden sind. Aus solchem verkohlten Harn kann kein Uromelanin und überhaupt kein reines organisches Product erhalten werden. Diese Umstände nun machen es zweifelhaft, ob die Essig- und Ameisensäure als Producte der Chemolyse höherer organischer Körper, oder als aus ihren Salzen freigesetzt zu betrachten sind. Sie entwickeln sich zusammen mit der Kohlensäure, welche aus dem Harnstoff entsteht, und die Mischung beständig in gelindem Aufbrausen erhält. Die Schwefelsäure zersetzt auch von der Kryptophansäure nur einen kleinen Theil, aber sobald Salzsäure erscheint, wird die Kryptophansäure zerstört, und bildet einen Theil jener schwarzen theerartigen Massen, welche sich unter diesen Umständen absetzen. Diese eigenthümliche Reaction muss Jeder sorgfältig berücksichtigen, der diese Zersetzungen practisch zu studiren oder auch nur zu verstehen wünscht.

9. Vermuthliche schweflige Säure und salpetrige Säure.

Die Mutterlaugen der Salze, namentlich der Barytsalze der im vorigen beschriebenen Säuren, enthalten stets eine geschwefelte Säure, und eine andere, welche einige Reactionen der salpetrigen gibt. Für schweflige Säuren sprechen die folgenden Reactionen. Salpetersäure und Kochen gibt schwefelsauren Baryt (durch Umschmelzen mit kohlensaurem Kali geprüft). Jodsaures Kali, Schwefelsäure und Stärke gibt sogleich starken blauen Niederschlag. Zink und Salzsäure entwickeln Schwefelwasserstoff. Wie ich schon oben angegeben habe, enthielten die Destillate nie Hydrothion, Blausäure, oder Schwefelcyanwasserstoffsäure. Die letztere namentlich war durch Verschwinden der Eisenchloridreaction in Salzsäure leicht ausgeschlossen. Dagegen ist der positive Beweis der drei Reactionen für schweflige Säure an sich schwach, indem ich gefunden habe, dass die Schwefelcyanwasserstoffsäure ausser, wie schon bekannt, mit Salpetersäure oder Chlor Schwefelsäure, und mit Zink und Salz-

säure Hydrothion zu liefern, auch die Jodsäure reduzirt, daher mit Jodat, Schwefelsäure und Stärke sogleich die zuerst von Price angegebenen bisher für diagnostisch auf schweflige Säure gehaltene Reaction gibt.

Die Möglichkeit, dass der Harn schweflige Säure enthalte, darf nicht geradezu verneint werden, da er ja zuweilen (siehe bei Thieren) unterschweflige Säure enthält (Schmiedeberg und Meissner), aus der schweflige Säure so leicht entsteht. Doch muss auch nicht vergessen werden, dass man es in diesen Reactionen mit einem bisher unbekannten schwefelhaltigen Körper zu thun haben könnte. Diess hat mir namentlich folgende Thatsache lebhaft eingeschärft.

Die oben unter 1) erwähnten 126 Grm. Acetat und Formiat aus faulem Harn wurden mit kaltem Alkohol von 85 % ausgezogen. Eine kleine Menge flockiges Salz blieb zuletzt unlöslich in Alkohol, kaltem und kochendem Wasser in kleiner Menge. Das trockne Salz im Röhrchen erhitzt gab stinkende Gase aus und hinterliess schwarzgraues Schwefelblei, das mit Salzsäure Hydrothion entwickelte. Diess schien das Verhalten des Rhodanbleis oder auch des schweflig sauren Bleis. Allein da ich reines Schwefelcyan-Blei darstellte und verglich, stellten sich die Unterschiede bald heraus. Das synthetische gab mit Jodat, Schwefelsäure und Stärke sogleich blaue Reaction, das Bleisalz aus Harn keine Reaction. Ich dachte nun, ich hätte das Salz durch Kochen mit Wasser verändert, oder zerstört, da viele Handbücher nach Liebig angeben, dass das Rhodanblei durch Kochen mit Wasser zersetzt werde. Allein ich fand, dass mein krystallisirtes, weisses (nicht gelbes, wie die Handbücher sagen) Salz von kochendem Wasser nicht nur nicht verändert, nicht in ein unlösliches unbekanntes gelbes Salz und eine saure unbekannte Lösung verwandelt, sondern ganz einfach aufgelöst und nach dem Filtriren wieder schön krystallisirt und weiss abgesetzt wurde. Jeder Tropfen der Lösung gab mit Jodat, Schwefelsäure und Stärke blaue Reaction. Somit kann mein unlösliches schwefelhaltiges Bleisalz aus Harn weder Rhodanid noch Sulphit sein, und muss weiter untersucht werden. Es könnte z. B. Sulphit gewesen, und jetzt nach Jahre langem Stehen in Sulphat übergegangen sein; und diess könnte mit hyper-basischem Acetat beim Glühen Sulphit liefern. Dass nämlich eine kleine Menge Sulphit bei jahrelangem Aufbewahren in Sulphat übergeht, ergibt sich aus der Beobachtung meiner Barytsalze der

flüchtigen Säuren aus Harn. Dieselben, oder ihre Mutterlauge gaben vor acht Jahren die oben angeführten Reactionen auf schweflige Säure, namentlich die mit Jodat, also Jodsäure sehr stark. Jetzt aber geben sie keinerlei Reaction mit Jodsäure und Stärke; die Säure, welche diese Reaction gab, ist verschwunden.

Dagegen geben diese Barytsalze (besonders 1) 53 Grm.) jetzt die für salpetrige Säure diagnostisch erachtete Reaction mit Jodkalium, Schwefelsäure und Stärke. Die Reaction ist etwas langsam, insofern die Mischung zuerst roth, dann violett, und endlich blau und schwarz, beim Verdünnen wieder ächt blau wird, ein Vorgang, der mehrere Minuten dauert.

Wir haben also hier die Thatsachen, welche vor Jahren den Stoff zu dem Streite zwischen Bence Jones und Lehmann abgaben. Mir scheint es jetzt, als habe Jeder richtig gesehen was er berichtet, und interpretirt; nur verstehe ich nicht, wie Lehmann mit Jodkalium schweflige Säure finden konnte, wenn nicht, wie ihm Bence Jones einwirft, sein Reagenz jodsaures Kali enthielt. Um dem Leser Zweifel zu ersparen, stelle ich hier fest, dass in meinen Versuchen die Möglichkeit dieser Verwechselung sorgfältig ausgeschlossen war.

Die Versuche Schönbein's, wonach es wahrscheinlich ist, dass der Harn des Menschen wirklich salpetrige Säure enthält, sind bekannt. Alles Trinkwasser, dann viele Getränke wie Bier, viele Pflanzensäfte enthalten Salpeter und salpetrige Säure, welche nach dem Genuss als Salze im Harn wieder austreten. Demgemäss wird ihre Anwesenheit darin durch Reagentien bestätigt. Wie leicht könnte nun ein kleiner Theil in ein Destillat übergehen, ungeachtet der bekannten Zersetzung, welche salpetrige Säure und Harnstoff auf einander ausüben. Ein Harnextract ist eben nicht nur eine Lösung von Harnstoff, wie ich oben auseinandergesetzt habe; ferner bestimmt die Schwefelsäure gerade eine Tension in der Ammoniakrichtung; somit kann etwas freigesetzte salpetrige Säure dem Harnstoff gerade so gut durch schnelles Verdampfen entzogen werden, wie die Hippursäure von der Schwefelsäure durch grössere Verwandtschaft der letzteren zum Harnstoff beschützt wird; oder gerade weil die Verwandtschaft des Harnstoffs zur Schwefelsäure überwiegt, hat er nicht auch zugleich seine Labilitat für salpetrige Säure. Eine Art von Reaction, durch Menge begünstigt, vermindert oder schliesst aus die Neigung zu einer anderen.

Aus dem vorgehenden wird man leicht schliessen, dass Reactionen von an sich verlässlichem Character auf komplizirte Mischungen angewandt nur einen gewissen führenden Werth, aber keine endgültige Beweiskraft besitzen. Wenn ich zu ganz frischem Harn jodsaures Kali, Stärkekleister und Schwefelsäure setze, erhalte ich sogleich eine rothe, schnell blau und schwarz, beim Verdünnen wieder rein blau werdende Reaction, gerade wie im Destillat aus Extrakt. Nun entfärbt aber der Harn blauen Jodkleister (Schönbein), die Reaction verschwindet wieder, wenigstens zum Theil. Daher sind hier mehrere Körper in einem sehr komplizirten Spiele begriffen, schweflige Säure, oder Schwefelcyanwasserstoffsäure, oder eine ähnlich wirkende schwefelhaltige noch unbekannte Säure, könnten die Jodsäure reduziren; was aber das Jodstärkeblau wieder verschwinden macht ist noch viel räthselhafter. Es wird zuweilen angenommen, dass diess durch reduzirende Substanzen bedingt sei. Dergleichen gibt es in Massen in Harn, wie man durch seine langdauernde Wirkung auf Uebermangansäure feststellen kann. Allein alle diese Annahmen führen zu keiner gültigen Erklärung. Daher gibt es hier keinen Weg zum Beweis als den der Isolirung der in Frage stehenden Substanzen durch Fällungs- und Lösungsmittel, und ihrer Elementar-Analyse. So z. B. müsste Gscheidlen in seinem Bleiniederschlag nicht nur das Blei und den Schwefel, sondern auch den Kohlenstoff und Stickstoff bestimmt, um die Gegenwart von Rhodan bewiesen zu haben.

Ich füge hier an, dass die Gegenwart kleiner Mengen von Schwefel im Harn, der nicht durch Baryt gefällt werden konnte, ehe der Harnrückstand mit Salpeter geglüht war, zuerst von Ronald's (Philos. Transact. Lond. 1847 p. 461) beobachtet, und dessen Menge mehrfach bestimmt wurde. Ferner machte auch Griffiths (Medical Gazette Lond. März 1848) ähnliche Beobachtungen und Bestimmungen, und fand, dass die Einnahme von Schwefel die Exkretion der beiden Formen von Schwefel im Harn auf's Doppelte vermehrte. Danach wäre die historische Einleitung von Gscheidlen's sonst an neuen Gesichtspunkten und Thatsachen reicher Abhandlung zu berichtigen und zu vervollständigen.

Nachschrift.

Nach einer genauen Bestimmung lösen 1000 Theile Wasser von 15° 3 Theile Schwefelcyanblei. Heisses Wasser löst das Mehrfache dieser Menge. Eine kalt gesättigte Lösung von Schwefelcyanblei auf die Hälfte abgedampft, setzt grosse Krystalle ab, davon ich einige analysirt habe.

	Theorie.	Gesunde.
C	. . 7.43	7.46
N	. . 8.66	8.64
Pb	. . 64.08	63.66
S	. . 19.83	20.04
	100.00	100.00.

Die Kohlen- und Stickstoffbestimmung sind durch Verbrennung im Vakuum mit vorher im Vakuum geglühtem Kupferoxyd ausgeführt worden. Der Stickstoff ist zweimal bestimmt worden. Demnach sind die Krystalle reines Schwefelcyanblei.

Die aus dem Angeführten folgende Kritik des Verfahrens des Herrn Gscheidlen kann sich der Leser nun leicht selbst machen, wenn er sich erinnert, dass das Product dieses Autors durch Erhitzen auf dem Wasserbad gebildet, und dann ausgekocht wurde. Wenn überhaupt Schwefelcyanblei in Frage war, musste das Meiste davon in der Abkochung verloren gehen.

Die Reaction, welche Harn mit Jodsäure und Stärke gibt, rührt von Harnsäure her. Jedes Urat gibt die Reaction, sogar eine kalt gesättigte Lösung von reiner Harnsäure in Wasser gibt noch röthliche Färbung.

Speichel gibt die Reaction mit Jodsäure und Stärke augenblicklich. Dieselbe eignet sich daher vortrefflich zu Demonstrationen in Vorlesungen.

In Harn und Speichel verschwindet das Blau nach einiger Zeit, da andere Substanzen das Jod der Stärke entziehen.

Ueber die Erregung der Netzhaut.

Von

A. Kunkel, Privatdocent in Würzburg.

Mit zwei Holzschnitten.

Den Ausgangspunkt dieser Untersuchungen bildeten Versuche, durch welche ermittelt werden sollte, wie sich die zugehörigen Empfindungen ändern, wenn Reize zeitlich und räumlich in verschiedener Weise auf der Netzhaut vertheilt werden. Darüber werde ich später berichten. Die Vorfrage, von deren vorheriger Lösung eine erfolgreiche Diskussion der eben formulirten Aufgabe abhängt, ist hiebei, die Erregung der Netzhaut in Abhängigkeit von der Stärke des Reizes und der Zeitdauer seiner Einwirkung bestimmen zu können. Darüber werde ich im Nachfolgenden Einzelnes mittheilen.

Zur experimentellen Lösung dieses Problems benutzte ich den von Helmholtz construirten Apparat, den S. Exner[1]) beschrieben und gebraucht hat. Ich selbst habe Versuche, die in diesem Archiv[2]) mitgetheilt sind, damit angestellt.

Das Wesentliche daran ist eine Scheibe, die mit gleichmässiger, genau bekannter und willkürlich änderbarer Geschwindigkeit rotirt. An diese Scheibe werden Papiersektoren von grösserem Halbmesser, als sie selbst besitzt, aufgesteckt, die also als Bruchstücke von concentrischen Ringen dieselbe überragen. Solcher Papiersektoren werden 2 Sorten, die eine von grösserem, die andere von kleinerem Radius, verwendet. Die kleineren verdecken dem Auge, das hinter der Scheibe (von der Lichtquelle abgewendet) beobachtet, diese letztere zur Hälfte, die grösseren ganz. Als Lichtquelle dient das Bild eines sogenannten Vierordt'schen Doppelspaltes, dessen beide über einander liegende Hälften je für sich beliebig weit geöffnet werden können. Der Spalt lässt, in richtiger Weise beleuchtet, durch eine Convex-Linse in der zugehörigen Vereinigungsweite einen hellen senkrechten Streifen als Bild entstehen, dessen obere

1) Wien. Ak. Ber. Jahr 1868, p. 601.

2) IX. Bd. p. 197.

und untere Hälfte im Allgemeinen verschieden breit sein werden. Dieses Bild fällt in die Ebene der Papiersektoren, genau in den senkrechten Durchmesser der Scheibe und zwar in solche Höhe, dass seine untere Hälfte von den kleineren Papiersektoren, von den grösseren aber das Ganze verdeckt wird. — Hinter der Scheibe kommt in bestimmter Entfernung ein Collimator, der das Licht parallelstrahlig aus sich heraus schickt, das dann durch ein Schwefelkohlenstoffprisma dispergirt wird und endlich in einem Fernrohre zwei über einander liegende Spektra erzeugt, deren Helligkeitsverhältniss dem Verhältniss der Weiten der zwei Spalthälften gleich ist. Im Oculare des Tubus liegt, am Orte des Bildes, ein Diaphragma, das von diesen Spektren eine bestimmte homogene Strahlung isolirt[1]).

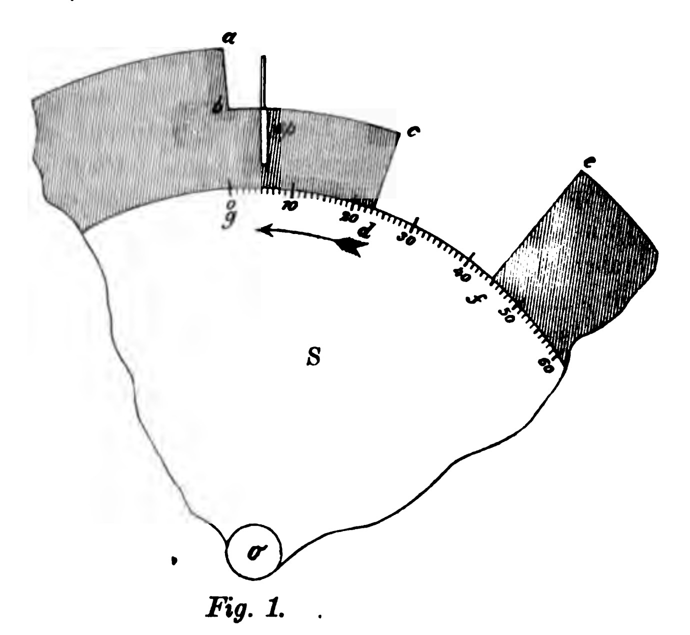


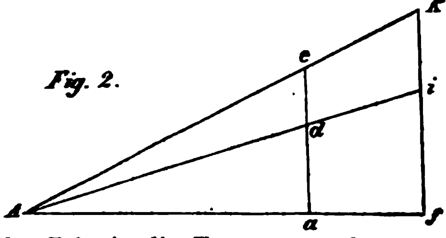
Fig. 1.

In der beigegebenen Fig. 1 ist der Theil des Apparates, auf den es ankommt, schematisch gezeichnet. Senkrecht über der Axe O steht das Spaltbild *sp*. Dessen obere (schmälere) Hälfte bleibt aufgedeckt während des Vorübergangs von *a* bis *e*: die untere (breitere) Hälfte des Spaltbildes bleibt nur sichtbar während der Dauer des Vorübergangs von *d* bis *f*. Die Scheibe *S* dreht sich

1) Cf. die Uebersichtszeichnung in meinem früheren Aufsatze.

im Sinne des Pfeiles: sie trägt eine Kreistheilung. Die schraffirten Parthien bedeuten Theile der Papiersektoren.

Zum Verständniss der nachkommenden Versuche sei Folgendes vorausgeschickt. Wird eine bestimmte Netzhautstelle von Aetherschwingungen, ihrem adäquaten Reize, getroffen, so kommt in ihr ein Bewegungsvorgang zu Stande, den man die Erregung dieser Netzhautstelle nennt. Die Grösse dieser Erregung ist — abgesehen von den Zuständen des Auges selbst — abhängig von der Stärke und der Einwirkungsdauer des Lichtes. Der Verlauf der Erregung bei constantem Reize lässt sich zweckmässig graphisch durch eine Curve darstellen, wenn man auf der Abscisse eines rechtwinkligen Coordinatensystems die Dauer des Reizes, als Ordinaten die zugehörigen Erregungen aufträgt. Wenn also beispielsweise in Fig. 2 die Linie *Aek* den Verlauf einer solchen Erregungscurve ausdrückte, so wäre damit gesagt, dass ein continuirlicher Reiz von bestimmter Stärke nach der Zeit *Aa* die Erregung *ae* hervorgebracht hat, nach der Zeit *Af* die Erregung *fk*. Diese Curve ist von S. Exner für weisses Licht, von mir für monochromatisches Licht construirt worden. Es ergab sich, dass die Erregung bei stärkerem Reize rascher ansteigt, als bei schwächerem. Wenn also in Fig. 2 einem gewissen Reize die Curve *Aek* entspricht, so käme einem bestimmt schwächeren Reize die Curve *Adi* zu. Weiter zeigte sich, dass jede Helligkeit eine bestimmte, messbare Zeit gebraucht, um die ihr zukommende maximale Erregung zu Stande zu bringen.



Wenn man desshalb verschieden starke Lichtquellen auf benachbarte Netzhautstellen nur so lange einwirken lässt, dass maximale Erregung noch nicht erreicht ist, so kann man durch den Versuch die Zeit ermitteln, welche die schwächere Lichtquelle gebraucht, um eine ebenso starke Erregung zu produciren, als das stärkere Licht (in bestimmt kürzerer Zeit) auf dem anliegenden Theile der Retina hervorbringt. Das objectiv schwächere Licht braucht längere Zeit. Der Versuch wird mit dem oben kurz beschriebenen Apparate so ausgeführt, dass zuerst durch die rotirende Scheibe nur die obere (schmälere) Hälfte des Spaltbildes aufgedeckt wird: nach einiger Zeit wird durch die fortschreitende Rotation auch die untere (breitere)

Spaltbildhälfte sichtbar: beide bleiben dies durch eine bestimmte Dauer: endlich wird durch das Vortreten eines grossen Sektors das ganze Spaltbild wieder verdeckt (Zeitpunkt der gleich starken Erregungen).

Nach dem Beispiele der Fig. 1 würde also, wenn eben *ab* senkrecht über 0 steht, zunächst die obere Hälfte von *sp* (die schwächere Lichtquelle) sichtbar, während die untere Hälfte durch das Ringstück *bcdg* noch verdeckt bleibt. Kommt *cd* bei fortschreitender Rotation an den Ort von *sp* zu stehen, so wird auch die untere Hälfte von *sp* sichtbar und bleibt dies, bis *ef* in den senkrechten Durchmesser tritt, wodurch beide Reize plötzlich unterbrochen werden. Die Erregungen sollen in diesem Augenblicke gleich stark sein.

Dies ist der Versuch, auf den es für das Nachfolgende ankommt. Er wurde im Einzelfalle so ausgeführt, dass an der Scheibe die Entfernung *ae* (i. e. die Einwirkungsdauer der schwächeren Lichtquelle) constant erhalten und die Entfernung *df* gesucht wurde: diese Entfernung entspricht der Zeit, in der die grössere Lichtmenge gleiche Erregung hervorbringt. Es geschah dies durch Vorschieben des Sektorrandes *cd*. Derselbe wurde erst *ab* sehr genähert und dann gegen *ef* allmählig vorgeschoben, bis zur Gleichheit der beiden Lichteindrücke im Momente, wo der Sektor *ef* die Reizung abschneidet. Darauf wurde umgekehrt der Sektorrand sehr weit gegen *ef* vorgeschoben und von hier aus durch Rückwärtsschieben die gesuchte Normallage gefunden. Das Mittel aus diesen beiden Bestimmungen ist das Datum zur Berechnung der verlangten Zeit.

Beobachtet wurde bei diesen Versuchen eigentlich die Gleichheit zweier Empfindungen. Aus diesen ist auf die Gleichheit der sie verursachenden Netzhaut-Erregungen geschlossen; denn welches auch immer die Abhängigkeit zwischen Grösse der Empfindung und Grösse der Erregung sein möge: gleichen Erregungen werden im Allgemeinen gleiche Empfindungen zugehören. Die Beziehungen, die unten zwischen Stärke und Dauer des Reizes einerseits und der dadurch im Beobachter ausgelösten Bewegung andererseits aufgestellt werden, gelten nur für die Erregung der Netzhaut, auf welche die Lichtstrahlen einwirken. Es wird also aus der Gleichheit der Empfindungen erst die Gleichheit der Erregungen erschlossen: aber nur auf die letzteren bezieht sich, so lange Gleichheit der Empfindungen beobachtet und die Grösse dieser selbst nicht bestimmt wird, das was der Versuch ergibt. —

In den Versuchsreihen, deren Wiedergabe zunächst folgt, sind die als Einwirkungsdauer bestimmter Lichtintensitäten verwendeten Zeiten sehr kurz gewählt, die bezüglichen Erregungen umfassen nur die Anfangsstücke der Erregungscurve.

1. Versuchsreihe. Hier wirkte die schwächere Helligkeit durch Zeiten ein, die einfache multipla von einander waren: gesucht wurden die Zeiten, die die grössere Helligkeit gebraucht, um gleich grosse Erregungen hervorzubringen: es zeigt sich, dass die im Versuche gefundenen Zahlen die gleichen multipla von einander sind. Beispiele sind in Tabelle 1 niedergelegt. Die oberste horizontale Reihe von Zahlen, die einen Versuch umfasst, sagt also, dass die schwächere Lichtquelle während der Dauer des Vorüberganges von 0 bis 15°, also durch 15° auf das Auge einwirkte: die Stellung des kleinen Sektorrandes wurde (durch Vorschieben von den kleinen und grossen Zahlen her) bei 7.0° und 7.0° gefunden. Es wirkte also von 7° bis 15°, i. e. durch die Zeit, die 8° zum Vorübergange gebrauchten, die stärkere Lichtquelle ein. Die Bedeutung des 7. Stabes ergibt sich von selbst. — Die rotirende Scheibe macht die in Stab 8 angegebene Zahl von Umdrehungen in einer Zeitsecunde. Die angegebenen Bruchtheile von Graden der Scheibe sind geschätzt.

Tabelle 1.

Nummer der Versuchsreihe.	Oeffnung des grossen Sektors von 0° bis .	Stand des kleinen Sektors gefunden v. d. klein. Zahlen her verschoben.	Stand des kleinen Sektors gefunden v. d. gross. Zahlen her verschoben.	Mittel.	Also ist Oeffnung des kleinen Sektors	Diese Zahl ist gleich	Geschwindigkeit der Rotation.	Bemerkungen.
I.	15	7.0	7.0	7.0	8	1×8	4.07 Umdr. in 1 sec.	Grün.
	30	14.3	13.5	13.9	16.1	2×8.05		
II.	15	6.8	6.8	6.8	8.2	1×8.2	do.	Blaugrün.
	30	13.9	13.4	13.6	16.4	2×8.2		
III.	15	8.6	8.2	8.4	6.6	1×6.6	4.2 Umdr. in 1 sec.	Blaugrün.
	30	17.2	16.8	17.0	13.0	2×6.5		
	45	25.1	25.5	25.3	19.7	3×6.6		

2. Versuchsreihe. Hier wurden genau die Weiten der beiden Spalthälften bestimmt. Es wurde wieder durch den Versuch

ermittelt, nach welchen Zeiten gleiche Erregungen zu Stande gekommen waren. **Das Ergebniss ist, dass die doppelte Helligkeit die halbe Zeit zu gleicher Erregung gebraucht, als die einfache Lichtstärke u. s. w.** — Beispiele sind in Tabelle 2 angegeben. Die Zahlen derselben sind wieder die im Versuch gewonnenen Original-Data: die im Stabe 2, 3, 4, 5, 6 und 7 stehenden Zahlen bedeuten also den Stand der Papiersektoren, abgelesen an der Gradtheilung der rotirenden Scheibe. —

Tabelle 2.

Nummer der Versuchsreihe.	Verhältniss der Spaltweiten.	Oeffnung des grossen Sektors von 0° bis:	Oeffnung des kleinen Sektors v. d. klein. Zahlen her verschoben.	Oeffnung des kleinen Sektors v. d. gross. Zahlen her verschoben.	Mittel.	Also ist Oeffnung des kleinen Sektors	Spaltweite mal Zeit.	Geschwindigkeit der Rotation.	Bemerkungen.
I.	1:2	40	19.4	21.7	20.55	19.74	19.74	6.15	Grün.
			19.0	20.5	19.75		×2=	Rotation	
			19.7	20.4	20.05		39.48	in	
			20.2	21.2	20.7		(statt 40)	1 Sec.	
					20.26				
II.	1:2	40	20.8	18.8	19.8	19.75	19.75	6.15	Grün.
			21.7	19.6	20.65		×2=	Rotation	
							39.5	in	
					20.25		(statt 40)	1 Sec.	
III.	1:2	40	19.8 (Mittel)	19.2 (Mittel)	19.5	20.5	20.5	do.	Grün.
							×2=		
							41.0		
							(statt 40)		

Die Zahlen dieser Tabelle enthalten grössere Abweichungen von den verlangten Normalzahlen als die in der 1. Tabelle angegebenen und noch weiterhin mitgetheilten Versuche. Indess liegen regelmässig die Abweichungen bald nach der einen bald nach der andern Seite von der theoretisch verlangten Normalzahl: das Mittel aus vielen Versuchen ergibt mit immer vollkommenerer Annäherung das oben ausgesprochene Resultat. Die Schwierigkeit in der Herstellung der nothwendigen Versuchsanordnung besteht darin, einen Spalt von 2 Centimeter Länge durchaus gleichmässig zu beleuchten.

ich habe darauf schon anderwärts aufmerksam gemacht[1]). Um von besonderen Einrichtungen, die die ohnehin verwickelte Versuchsanordnung noch mehr complicirt hätten, unabhängig zu sein, habe ich darum in besonders angestellten Versuchen die Helligkeit auf andere Weise variirt.

3. Versuchsreihe. Es wurde, wie bisher beschrieben, bei verschieden weit geöffneten Spalthälften die Zeit bestimmt, in der die stärkere Lichtquelle gleiche Erregung hervorbringt. Darauf wurde in den Gang der Lichtstrahlen ein absorbirendes (Rauch-)Glas eingeschaltet, das also die ganze ins Auge fallende Lichtmenge um ein Bestimmtes schwächte und jetzt wurden wieder die Zeiten bestimmt, in denen gleiche Erregungen von den beiden Helligkeiten hervorgebracht wurden. Das Resultat war, dass diese Zeiten den im ersten Versuche gefundenen (wo ohne Rauchglas beobachtet wurde) durchaus gleich waren.

Der Versuch sagt Folgendes. Wenn die obere Spalthälfte doppelt so weit offen ist, als die untere, so verhalten sich die Helligkeiten der im Fernrohre gesehenen Spektra wie 1:2. Wird dann in den Gang der Lichtstrahlen ein absorbirendes Glas gebracht, das von dem auffallenden Lichte nur $^1/_3$ durchlässt, so wird dadurch die absolute Helligkeit der gesehenen Spektra auf $^1/_3$ und bezw. auf $^2/_3$ der früheren herunter gebracht. Das Verhältniss der absoluten Helligkeiten ist noch dasselbe, nämlich 1:2. Der Versuch zeigt also, dass in gleichen Zeiten gleiche Paare von Erregungen zu Stande kommen, wenn nur das Verhältniss der absoluten Helligkeiten constant bleibt. [Siehe umstehend Tabelle 3.]

Die in Stab 2, 4, 5, 6 u. 7 stehenden Zahlen bedeuten wieder die an der Scheibe abgelesenen Grade. Die beispielshalber citirte Versuchsserie wurde mit grünem Lichte und einem Rauchglase, dessen Absorptionscoëffizient für grünes Licht 0.36 war[2]), angestellt. Die im Stabe 3 stehenden Zahlen zeigen die Reihenfolge der Einzelversuche an: es wurde also immer mit und ohne Rauchglas abwechselnd beobachtet. — Das Ergebniss der Versuchsbeispiele in Tabelle 3 ist hier nochmals zusammengestellt: Die Zeiten sind in absolutem Maass eingesetzt. Die Zahlen des 2., 3. und 4. Stabes bedeuten hunderttausend Theile von Sekunden.

1) Bei Gelegenheit der Gallenfarbstoffbestimmung nach colorimetrischer Methode; cf. meine Habilitationsschrift und dies Archiv, Band XIV.

2) Dies heisst, von der immer der Einheit gleichgesetzten auffallenden Lichtmenge wurde 0.36 durchgelassen.

Tabelle 3.

Nummer der Versuchsreihe.	Oeffnung des grossen Sektors von 0 bis:	Nummer des Einzelversuchs.	Stand des kleinen Sektors gefunden v. d. kleinen	v. d. grossen	Mittel.	Also Oeffnung des kleinen Sektors.	Geschwindigkeit der Rotation.	Bemerkungen.
			Zahlen her verschoben.					
			ohne Rauchglas					
I.	40	1)	20.0	18.5	19.25			
		3)	20.8	18.4	19.6			
		5)	19.2	19.5	19.35		1° entspr. 0.000452 Sec.	rechtes Auge Grün.
					19.4	20.6		
			mit Rauchglas					
		2)	19.3	19.0	19.15			
		4)	20.1	19.7	19.9			
		6)	19.9	18.9	19.4			
					19.48	20.52		
			ohne Rauchglas					
II.	40	1)	21.1	22.1	21.6			
		3)	22.5	21.0	22.75		1° entspr. 0.000458 Sec.	linkes Auge Grün.
		5)	21.6	22.0	21.8			
					21.72	18.28		
			mit Rauchglas					
		2)	20.7	21	20.85			
		4)	21.5	23.2	22.35			
		6)	21.2	21.2	21.2			
					21.47	18.53		
			ohne Rauchglas					
III.	40	1)	20.5	20.6	20.55			
		3)	21.3	21.6	21.45			linkes Auge Grün.
		5)	21.4	20.8	21.1			
					21.03	18.97	do.	
			mit Rauchglas					
		2)	20.8	19.1	19.95			
		4)	21.9	20.3	21.1			
		6)	21.7	21.7	21.7			
					20.92	19.08		

Tabelle 4 (zu 3 gehörig).

Nummer der Versuchsreihe.	Die schwächere Lichtquelle wirkte mit und ohne Rauchglas.	Die stärkere Helligkeit gebraucht A mit Rauchglas.	B ohne Rauchglas.	Verhältniss A	B
I.	1808	927.5	931.1	99.6	100
II.	1832	848.7	837.2	101.4	100
III.	1832	873.9	868.8	100.6	100

Das Verhältniss A: B in dem 5. und 6. Stab müsste gleich 1 sein.

Alle diese Versuche zusammengenommen lassen eine bestimmte Beziehung zwischen Erregung einerseits, Grösse und Einwirkungsdauer der Reize andererseits erkennen. Bedeute E immer die Grösse der Erregung, r (resp. R) die Stärke des Lichtes (lebendige Kraft der Aetherschwingungen) und t (resp. T) die Zeit, so sagt die 1. Versuchsreihe aus:

$$\begin{aligned} E_I &= f(R, t) = f(r, T) \\ E_{II} &= f(R, 2t) = f(r, 2T) \\ E_{III} &= f(R, 3t) = f(r, 3T) \\ &\cdots\cdots \end{aligned} \qquad \text{I.}$$

Darin bezeichnen, wie leicht ersichtlich, r und t die kleineren, R und T die grösseren absoluten Werthe.

Die 2. Versuchsreihe heisst:

$$E = f\left(r, \frac{t}{2}\right) = f\left(\frac{r}{2}, t\right) \qquad \text{II.}$$

$$\cdots\cdots$$

Die 3. Versuchsreihe sagt:

$$\begin{aligned} E_I &= f(R, t) = f(r, T) \\ E_{II} &= f(\alpha . R, t) = f(\alpha r, T) \end{aligned} \qquad \text{III.}$$

In den Gleichungen III bedeutet α denselben Coëffizienten von R und r, der kleiner (oder grösser) als die Einheit sein kann: (natürlich, wie sich dies hier von selbst versteht, zwischen bestimmten endlichen Grenzen bleiben muss).

Aus diesen Gleichungen ist ersichtlich, dass als Grundvariable das Produkt aus r und t in die Funktion eingeht. Die allgemeine Funktionengleichung lautet also:

$$E = f(R . T) \qquad \text{IV.}$$

d. h. die Erregung der Netzhaut ist eine Funktion des Produktes aus Reiz und Zeitdauer[1]) der Einwirkung desselben. — Wenn für dieses Produkt der Name Reizmenge (oder Reizquantum) angenommen würde, so lautete der Satz: Die Erregung ist eine Funktion der Reizmenge[2]).

---

1) Dies gilt, wie ja oben wiederholt bemerkt ist, nur bis zu ganz bestimmten ziemlich kleinen Werthen der Einwirkungszeit durchaus genau.

2) Demnach ist auch die Empfindung irgend eine Funktion der Reizmenge.

Mehr sagen die Versuche nicht aus. Ueber die Natur dieser Funktion selbst geben sie gar keinen Aufschluss und es scheint mir, dass der in dieser Abhandlung dargelegte Weg dazu überhaupt nicht führen kann. Die angewandte Methode ergibt nämlich immer nur die Gleichheit zweier Erregungen: über deren absolute Grösse oder auch nur über das Verhältniss der Grössen zweier Erregungen ist es unmöglich etwas zu erfahren. — Ich übergehe desshalb, weitere Versuchsanordnungen und Versuche zu beschreiben, da sie nichts Neues lehren: den obigen Satz stützen sie durchaus.

Weiter folgt, dass aus diesen Daten allein es ohne weitere Annahme nicht gestattet ist, die sogen. Erregungscurve construiren zu wollen. Es ist dies von mir aus Versuchen geschehen, die in den Gleichungen I. definirt sind: die Stärke des Lichtes blieb constant: die Zeit wurde variirt. Die Art der Construktion setzt voraus, dass die Gleichungen umgeschrieben werden aus E = f(R, T) in E = T f(R). Wenn aber E = f(R.T), so kann die Beziehung E = T f(R) nur bestehen unter der Annahme, dass E = R.T (resp. = Const. R.T), eine Folgerung, die in den Versuchen von vorneherein durchaus nicht liegt.

Die bisher definirte Beziehung gilt nun für sehr kurze Einwirkungszeiten des Lichtes, also für so kleine absolute Zeitwerthe, wie sie oben verwendet sind. Nimmt man die Dauer der Einwirkung länger, so treten Abweichungen auf, die noch besprochen werden sollen.

Bevor ich dazu gehe, sei es mir gestattet, über den Gang der Netzhauterregung folgendes Hhypothetische vorauszuschicken. Ich halte dafür, dass die obige Funktion, die Erregung und Reizmenge verbindet, die erste Potenz sei, dass also die fragliche gesetzmässige Beziehung eigentlich lautet: Die Netzhauterregung ist der Reizmenge proportional (E = Const. RT).

Ich führe nur nebenher an, dass für den motorischen Nerven die direkte Proportionalität zwischen Erregung und Reiz bewiesen ist; denn darum handelte sich's ja gerade, zu zeigen, dass Nervenverlauf und Nervenendausbreitung das gleiche Verhalten gegen den Reiz besitzen. Was mich neben Anderem mit zu der obigen Ansicht bestimmt, ist folgende Ueberlegung. Wäre die Abhängigkeit der Erregung von der Reizmenge durch irgend eine andere Gleichung als die des ersten Grades definirt, so wäre doch mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die durch die bezügliche Funktion

bestimmte Erregungscurve concav zur Abscissenaxe verliefe und entweder ein Maximum besässe oder einer mit der Abscissenaxe Parallelen asymptotisch sich näherte. Wäre diese durchaus plausible Meinung zutreffend, so ist nicht abzusehen, warum die in den oben mitgetheilten Versuchsreihen ausgesprochene einfache Beziehung [1]) nicht für den ganzen Verlauf der Erregung: bis zum Gipfel oder doch für den allergrössten Theil derselben gültig sein sollte. Sie gilt aber in Wahrheit nur für den Anfang, indess hier mit durchgehender Genauigkeit.

Man wird gegen diese Auseinandersetzung vielleicht Folgendes einwenden: »Die eben ausgesprochene Beziehung $E=f(rt)$ ist nur eine erste Annäherung. Sie gilt allerdings für sehr kleine Werthe von t (r ist ja immer (relativ) sehr gross gewählt), aber nur als erste Annäherung. Nimmt man grössere Werthe von t, so sind die weiter unten sogenannten Abweichungen erst durch den Versuch nachweisbar. Also $E=f(rt)$ ist nicht der eigentliche gesetzmässige Ausdruck des Zusammenhangs zwischen E, r und t, auch nicht für kleine Werthe von t.«

Ich glaube, den Einwand kann man zurückweisen. Ich erinnere zuerst an die vorzügliche Uebereinstimmung der oben (pag. 31 bis 34) beschriebenen Versuche. Man vergleiche damit nur die bedeutenden Abweichungen von der Beziehung $E=f(rt)$, die für grössere Werthe von t der Versuch ergibt. Ich verweise auf die Beispiele der Tabelle 2 bis 4 meiner früheren Arbeit [2]): man wird es bei Würdigung der Bedeutung der dort mitgetheilten Zahlen unwahrscheinlich finden, dass in den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen eine erste Annäherung an das, was der spätere Verlauf der Erregung gibt, zu suchen sei. — Dann ist der Einwand auch sachlich nicht zutreffend: denn es handelt sich in den Versuchen durchaus nicht um sehr kleine Werthe von t. Zum Beweise dessen erinnere ich kurz an die blendende (subjective) Helligkeit, die dem im Dunkeln ausgeruhten Auge der unmessbar kurze Zeit dauernde elektrische Funken erregt. Weiter führe ich aus einer früher [3]) mitgetheilten Versuchstabelle die folgenden Zahlen beispielshalber an: bei einer Belichtungsdauer des Auges von 0.0003 Sec. mit grünem spectralen Lichte [4]) entstand

1) $E=f(RT)$ z. B. $E=(RT)^{\alpha}$ wo $\alpha<1$.

2) Dies Archiv Bd. IX. pag. 217—219.

3) l. c. p. 219.

4) Die Lichtquelle ist eine Petroleumflamme: auch die übrigen Versuchsbedingungen sind dieselben wie in den oben beschriebenen Versuchen.

sehr deutlich die Empfindung grün. Diese Zeit durfte bei der Grösse der in (den jetzigen und) früheren Versuchen verwendeten absoluten Helligkeit noch beträchtlich verkleinert werden und immer noch kam eine Empfindung zu Stande. Diesen Zeitgrössen gegenüber waren die in den obigen Versuchen verwendeten Zeiten von relativ grossem Werthe. — Dem entsprechend waren auch die Erregungen nach dieser Einwirkungszeit sehr stark.

Alle die obigen Versuche sind ja im vollständig verfinsterten Raume mit ausgeruhtem Auge angestellt. Die Empfindungen, welche die Spektralfarben nach Einwirkungsdauer von 0.01 Sec.[1]) auslösten, stehen mir als weit stärker im Gedächtnisse, als z. B. die Empfindungen sind, die ich in meinem um die Mittagszeit von diffusem Tageslicht erleuchteten Zimmer von allen Gegenständen empfange; d. h. sie übertreffen (und sogar weit) den mittleren Werth der Empfindungen, die für gewöhnlich die Grundlage unserer Vorstellungen sind.

Ich halte desshalb für das eigentliche Grundgesetz der Netzhauterregung das Folgende. Die Erregung ist der Reizmenge direkt proportional. Dasselbe ist nur mit vollständig intakter (gut ausgeruhter) Retina und nur durch kurze Dauer des Erregungsverlaufes zu constatiren. Nach sehr kleiner Einwirkungszeit treten, um die Netzhaut vor zu tief gehender Veränderung[2]) zu bewahren, Schutzapparate in Wirksamkeit. Diese Schutzvorrichtungen liegen in der Netzhaut selbst, mit dazu gehört die Contraktionsfähigkeit der Iris. Durch alle diese Einwirkungen zusammen wird der Verlauf der Erregung so bestimmt, dass dieselbe sehr bald einen Maximalwerth erreicht, von dem aus sie dann sogar sehr rasch zu niedrigeren Erregungswerthen absinkt. Ich habe schon früher auf die folgende merkwürdige Beobachtung aufmerksam gemacht. Unterbricht man den Verlauf einer Erregung in der Gegend des maximum, so hat man eine ungemein glänzendere lebhaftere Empfindung, als sie das continuirliche Betrachten derselben Lichtquelle dem gleich beschaffenen Auge liefert. Wenn also z. B. die grüne Strahlung eines Spectrum durch

---

1) Dies ist so die mittlere in den Versuchen angewendete Zeit.

2) Dass die Erregung der Netzhaut eine chemische Aktion des Lichtes ist, wissen wir jetzt sicher durch die glänzenden Entdeckungen Boll's.

0.1 Secunde auf mein (ausgeruhtes) Auge einwirkt, so habe ich am Ende der Lichteinwirkung die geradezu blendende Empfindung eines (grünlich) gelben Lichtes. Betrachte ich aber die gleiche Strahlung unter sonst gleichen Umständen continuirlich, so werde ich mir nur der Empfindung eines mässig starken, angenehmen grünen Lichtes bewusst. Natürlich folgen bei lange dauernder Lichteinwirkung die gleichen Phasen des Erregungszustandes auf einander, wie bei der Einwirkung durch eine abgegrenzte kürzere Dauer. Aber die hohen Erregungswerthe gehen sehr rasch vorüber und machen niedrigeren Platz, die auf gleichem Werthe länger anhalten: nach diesen Werthen wird dann erst die objective Lichtstärke taxirt. Es ist diese Thatsache physiologisch und psychologisch interessant. Physiologisch zeigt sie die enorme Reizbarkeit der Retina und zugleich die Promptheit der Einrichtungen, wodurch die Nervenhaut sich selbst schützt. Dies ist noch Gegenstand unserer Untersuchung. Psychologisch sei vorderhand an diese Thatsache nur die Folgerung geknüpft, dass nicht der absolute Werth der Erregung (und der Empfindung selbst) für das Bewusstsein das Ausschlaggebende ist, sondern dass auch die Dauer derselben wesentlichen Einfluss hat. Es kann die schwächere Empfindung von längerer Dauer die stärkere aber nur kurze Zeit währende vollständig aus dem Bewusstsein verdrängen [1]).

Es handelt sich jetzt weiter darum, durch Versuche zu ermitteln, in welchem Sinne die oben postulirten, in die Netzhaut verlegten Schutzvorrichtungen wirken. Meine bisher verwendeten Ver-

---

1) Noch eine Bemerkung sei hier vorläufig angefügt. Wenn wir direkt beim Betrachten verschieden heller Objekte von dem einen Gegenstand zum andern mit dem Auge weitergehen, so ist mit aller Wahrscheinlichkeit anzunehmen und durch weiter unten beschriebene Versuche sogar erwiesen, dass das Auge, welches den hellen Gegenstand betrachtet, ein ganz anderes ist, als es in dem Augenblicke war, wo es den dunkleren Gegenstand fixirte. Schon die verschiedene Weite der Pupille bedingt eine ganz grobe Aenderung abgesehen von dem, was in der Netzhaut selbst vor sich geht. Ich erwähne dies, weil es mir vollständig ausreichend erscheint, alle Thatsachen, die auf dem Gebiete der Empfindungen zu constatiren sind, aus Einrichtungen zu erklären, die in der Netzhaut liegen. Die scharfe Kluft, die künstlich zwischen Erregung und Empfindung gerissen ist, wird sich mit der Zeit durch das Experiment immer mehr einebnen lassen.

suchsmethoden waren dazu nicht die günstigsten: ich kann darüber folgende Mittheilungen machen.

Es ist oben wiederholt gesagt, dass, wenn die Einwirkungsdauer des Lichtes einen bestimmten Werth überschreitet, die dort definirte einfache Beziehung ($rt = \varrho\tau$) nicht mehr gilt. Es geht nun aus einem grossen Versuchsmaterial unzweideutig hervor, dass die Abweichung um so früher eintritt, je grösser der absolute Werth der schon bestehenden Erregung ist. Es ist leider nicht möglich, dies durch einige wenige Versuchsbeispiele zu belegen. Weil ja in grösseren Sprüngen die Variirung der Zeit erfolgt, ist die Uebergangsperiode in der Erregungscurve, die nach allen unseren Erfahrungen sicher keine Discontinuität besitzt, schwer zu fixiren. Es ergibt sich desshalb nur aus einer grossen Zahl von Versuchen als Mittel das obige Resultat. Der absolute Unterschied in dem Intervall dieser Abweichung bei grosser und kleiner Lichtintensität ist indess nicht gross: d. h. es tritt bei grosser Lichtintensität nur um Weniges früher die Abweichung von der eben definirten Beziehung ein, als bei kleiner. Es scheint mir wichtig, dass diese Abweichung nicht gross ist, dass also die Erregungscurven kleiner Helligkeiten fast nach eben so kurzer Zeit, wie dies bei grossen objektiven Helligkeiten der Fall, ihren Verlauf ändern.

Zweitens zeigen Versuche, dass die Abschwächung des Ansteigens der Erregung im einzelnen Zeitmomente um so grösser ausfällt, je höher der absolute Werth der Erregung selbst schon gestiegen war. Dies war die a priori wahrscheinliche Annahme.

Der Versuch wurde ganz in der gleichen Weise wie oben die 3. Reihe ausgeführt, d. h. es wurden die Zeiten bestimmt, in der verschiedene Helligkeiten gleiche Erregungen hervorbrachten. Abwechselnd wurde mit und ohne Rauchglas beobachtet. Nur waren die Zeiten grösser gewählt, als in den Versuchen auf pag. 34, etwa doppelt so gross. Es ergab sich, dass in der ganzen Versuchsreihe, in der das Verhältniss der absoluten Helligkeiten constant blieb, die stärkere Lichtquelle um so längere Zeit zu gleicher Erregung gebrauchte, je grösser ihr absoluter Werth war. — Beispiele in:

Tabelle 5.

Nummer der Versuchsreihe.	Oeffnung des grossen Sektors.	Stand des kleinen Sektors v. d. kleinen	Stand des kleinen Sektors v. d. grossen	Mittel.	Die gefundene Zahl ist Mittel aus ... Versuchen.	Oeffnung des kleinen Sektors.	Geschwindigkeit einer Rotation.	Bemerkungen.
		Zahlen her verschoben.						
		ohne	Glas					
I.	0—90	39.0	39.0	39.0	2	51.0	4.2 Umdr. in 1 Sec.	Roth.
		mit	Glas					
		40.5	40.7	40.6	6	49.4		
		ohne	Glas					
II.	0—60°	32.9	32.9	32.9	6	27.1	do.	Roth.
		mit 1	Glas					
		34.2	34.2	34.2	6	25.8		
		mit 2 abs.	Gläsern					
		34.9	34.1	34.5	6	25.5		
		ohne	Glas					
III.	0—60	28.7	29.6	29.1	6	30.9	do.	Roth.
		mit	Glas					
		31.0	31.0	31	2	29		

Die absoluten Werthe der Zeiten sind so gewählt, dass sie nicht viel über den Werthen liegen, für die die Gleichung E = f(R.T) noch genau gilt. Ich that dies, um vielleicht auf einfache Beziehungen zwischen E, T und R bei weiterer Variirung der Zeit zu kommen. Meine bisherigen Versuche lassen solche noch nicht erkennen. Ich gebe sie desshalb auch nicht ausführlicher hier an: es ist nothwendig einfachere und für den speciellen Zweck empfindlichere Methoden anzuwenden.

Die Angaben der Tabelle 5 sind leicht verständlich. Die im 2., 3., 4., 5. und 7. Stabe stehenden Zahlen bedeuten wieder Grade der rotirenden Scheibe. Die 1. Versuchsreihe sagt also beispielsweise, dass mit eingeschaltetem Rauchglase die stärkere Lichtquelle schon in der Zeit des Vorübergangs von 49.4 Graden gleiche Erregung hervorgebracht hatte, während sie ohne Rauchglas durch 51 Grade einwirken musste. Da nun bei kürzerer Einwirkungsdauer des Lichtes (vielleicht bis zu 45°) immer in gleichen Zeiten gleiche Erregungspaare zu Stande kommen, so sagt der Versuch aus, dass die Erregungscurve von gewissen Ordinatenwerthen an so verläuft, dass die Zunahme im kleinsten Zeittheilchen nicht nur von der Zeit der Einwirkung, sondern auch von der absoluten Reizgrösse

(oder aber von dem schon vorhandenen Erregungswerthe) abhängt. Es versteht sich von selbst, dass man das Eintreten der Schutzvorrichtungen, die den Verlauf der Erregungscurve ändern, sich nicht plötzlich geschehend vorzustellen habe. Indess sollen erst weitere Versuche über die Richtigkeit dieser Anschauungen entscheiden.

Aus diesen Vorversuchen ist über den eigentlichen Vorgang in der Netzhaut selbst, resp. über die Natur der dorthin verlegten hypothetischen Schutzapparate gar nichts zu erschliessen. Indess sei doch, da man ja mit chemischen Aenderungen der Netzhaut als einer sicheren und wohlgegründeten Thatsache rechnen kann, noch Folgendes hier angefügt. Die Netzhaut besteht aus einer Reihe anatomisch wohl unterscheidbarer Schichten. Diejenige, in der wir die Erregung entstehen lassen (Schicht der Stäbchen und Zapfen), wird sicher durch Lichteinwirkung stark chemisch verändert. Ich glaube nun, dass auch noch in tieferen (den Opticus-Fasern näheren) Schichten der Retina chemische Veränderungen, und zwar Trübungen der vorher pelluciden Substanz zu Stande kommen, die natürlich das Durchdringen von Licht bis zur letzten empfindlichen Schicht erschweren. Dadurch wird die Lichtmenge, die auf die Stäbchen- und Zapfenschicht selbst fällt, verringert und so die letztere vor zu tief gehender Einwirkung geschützt. Diese Annahme von gleichzeitig in verschiedenen Netzhautschichten vor sich gehenden chemischen Einwirkungen (und Trübungen) halte ich (abgesehen von aprioristischen Zweckmässigkeitsgründen) für nothwendig zur Erklärung einmal des zauberhaft schnellen Abfalles der Erregung (pag. 38 und 39): dann aber besonders all' der Erscheinungen, die als Ermüdungsphänomene zusammengefasst werden, zumeist der sogen. positiven und negativen Nachbilder. Es spielen sich ja sicher in der Netzhaut lebhafte chemische Vorgänge ab, die eine restitutio ad integrum der durch das Licht gesetzten Veränderungen bezwecken. Indem man diese Restitutio in den verschiedenen chemisch veränderten Schichten, die wir eben hypothetisch angenommen haben, zeitlich in verschiedener Weise vor sich gehen lässt, gelangt man zu annehmbaren Theorien über die Nachbilder.

Zur Abwehr.

Von

Dr. E. von Gorup-Besanez.

Zu einer genauen Durchsicht der physiologisch-chemischen Literatur der letzten beiden Jahre veranlasst, ersehe ich zu meiner Ueberraschung, dass in einer Abhandlung von Hrn. Al. Schmidt »über die Beziehungen der Faserstoffgerinnung zu den körperlichen Elementen des Blutes«[1]), am Schlusse derselben eine auch gegen mich gerichtete Polemik über die Stellung enthalten ist, welche ich in der 3. Aufl. meines Lehrbuches der physiologischen Chemie zu den Schmidt'schen Hypothesen über die Faserstoffgerinnung genommen habe. Würde Hr. Al. Schmidt sich darin innerhalb der Grenzen objectiv wissenschaftlicher Diskussion gehalten haben, so würde ich mich kaum entschlossen haben, jetzt nach $1\frac{1}{2}$ Jahren darauf noch zu antworten und zwar um so weniger, als ich literarischen Fehden überhaupt abhold, der Meinung bin, dass bei Controversen wie die vorliegende, die Lösung nur von der Zeit zu erwarten ist. Zu meinem grossen Bedauern aber hat Hr. Dr. Al. Schmidt sich nicht innerhalb der Defensive gehalten, sondern ging zur Offensive und zwar in einer Weise über, welche mir eine Zurückweisung zur Pflicht macht. Diese Nöthigung fällt mir um so schwerer, als ich mir bewusst bin, die grossen Verdienste, welche sich Hr. Al. Schmidt durch seine mit bewunderungswürdiger Ausdauer durchgeführten Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung erwarb, stets anerkannt zu haben. Selbstverständlich kann ich mich aber deshalb nicht meines Rechtes begeben, bezüglich der aus seinen Untersuchungen zu ziehenden Folgerungen anderer Meinung zu sein, wie Hr. Al. Schmidt, und muss es auf das Entschiedenste zurückweisen, wenn mir dabei mala fides oder persönliche Motive untergeschoben werden. Alle bis nun erschienenen

---

1) Dieses Archiv Bd. XI. S. 848.

Abhandlungen des Herrn Al. Schmidt über Faserstoffgerinnung haben mir keine andere Ueberzeugung beizubringen vermocht, wie die, dass die Fundamentalbeobachtungen des Hrn. Al. Schmidt einen wesentlichen Fortschritt in der Lehre von der Gerinnung bezeichnen, dass aber alle darauf gegründeten sich immer wieder modificirenden Theorien, diese Lehre zum Abschlusse noch immer nicht gebracht, ja zum Theil den Keim der Verwirrung in die Sache hineingetragen haben. Wie ich zu meiner Beruhigung aus der jüngsten Literatur über diese Frage ersehe, stehe ich mit dieser Meinung durchaus nicht allein und eben so wenig mit der Ueberzeugung, dass je verwickelter sich die Frage gestaltet, um so expansiver und unklarer die Abhandlungen des Herrn Al. Schmidt werden. Daher kömmt es, dass er fortwährend darüber zu klagen hat, missverstanden zu sein. Zum Theil mag das allerdings in der Unklarheit der gegebenen Prämissen selbst liegen, zum Theil liegt es aber offenbar darin, dass er in dieser sein ganzes Selbst vollständig erfüllenden Frage den Massstab für die Grenzen zwischen Thatsache und Theorie mehr und mehr zu verlieren scheint.

So wirft mir Hr. Al. Schmidt vor, ich wolle sein Fibrinferment mit aprioristischen Gründen aus der Welt schaffen und zwar insoferne als ich die Faserstoffgerinnung als einen Gährungsvorgang nicht gelten lassen will. Er sagt[1]: »v. Gorup-Besanez glaubt also mit aprioristischen Gründen Thatsachen (sic) aus der Welt schaffen zu können, welche letztere sich jenen gegenüber offenbar in der Lage eines Menschen befinden, der sich gesund weiss und zugleich beweisen hört, dass sein Dasein eigentlich eine Unmöglichkeit ist«.

Also, wer eine Theorie nicht richtig finden kann, der leugnet die Thatsachen, welche ersterer zu Grunde gelegt sind! Welch eine Verwirrung der Begriffe, welche Logik! Hr. Al. Schmidt thut mir wirklich unrecht, wenn er meint, ich wolle das Fibrinferment aus der Welt schaffen. Es würde mich im Gegentheil freuen, wenn es Hrn. Al. Schmidt gelingen sollte, es mit gesunden kräftigen Gliedmassen in die Welt hereinzuschaffen. Hr. Al. Schmidt ist

1) l. c. 348.

der Meinung, die Chemie müsse sich, da er den Vorgang der Faserstoffgerinnung als einen fermentativen durchaus angesehen wissen will, dazu bequemen, den Begriff Ferment auch auf Stoffe auszudehnen, deren Wirkungsmodus jenem der bisher bekannten Fermente entgegengesetzt sei. Diese Sommation an die Chemie wird aber voraussichtlich ohne Erfolg bleiben. Kaum dürfte sich dieselbe bestimmen lassen, so concrete Begriffe wie Gährung und Ferment aufzugeben, nur um Thatsachen, die sich bisher einer fundamentalen Erklärung unzugänglich erwiesen haben, ein Mäntelchen umhängen zu helfen. Aus Al. Schmidt's Diatribe über die Fermentfrage ist leider zu ersehen, dass derselbe über Ferment und Gährung sehr unklare Vorstellungen und alle Ursache hat, seine nach dieser Richtung wie es scheint, etwas lückenhafte, streng naturwissenschaftliche Bildung zu vervollständigen. Was werden die Chemiker dazu sagen, wenn sie hören, dass Hr. Al. Schmidt[1]) den Schwefelsäureprocess eine Synthese nennt, bei welchem NO_2 oder NO nach Analogie eines Ferments wirke. Was dazu, wenn er die Bezeichnung Fibrinferment dadurch rechtfertigt, dass es sich um einen Körper handle, der schon in sehr kleinen Mengen den Anstoss zu derjenigen chemischen Umsetzung gibt, deren Product der Faserstoff ist, ohne dass dieser Körper zur Bildung dieses Productes etwas stofflich beitrage. Bisher, darf man wohl mit Bestimmtheit behaupten, hat darüber, ob ein Vorgang als ein Gährungsvorgang zu bezeichnen ist, in erster Linie die Kenntniss der Gährungsproducte und das allen Gährungen Gemeinsame entschieden, dass dabei Körper entstehen von zusammen geringerer Verbrennungswärme, als sie diejenigen Stoffe besitzen, aus denen sie gebildet sind. Dies scheint aber für Hrn. Al. Schmidt Nebensache zu sein, er lehnt es ausdrücklich ab über das Wesen des durch das Fibrinferment eingeleiteten Umsetzungsprozesses irgend eine bestimmte Aussage zu machen, ja er scheint sich darüber noch gar nicht klar zu sein, wie aus der Aeusserung hervorgeht: Es liesse sich ausser der von ihm geleugneten Synthese von Fibrinoplasmin und Fibrinogen zu Faserstoff ja noch manches Andere denken, es könnten z. B. Spaltungen mit Synthesen Hand in Hand gehen u. s. w.[2]) Da

1) l. c. S. 350.
2) l. c. S. 350.

Herrn Dr. Schmidt das Wort: Phrase in so grosse Aufregung versetzt, so vermeide ich es und frage ihn nur, ob dem Leser bei einer derartigen Begründung der fermentativen Natur des Gerinnungsprocesses nicht der Ausspruch des Dichters: »denn eben wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein« nahe gelegt wird? Wie reimt sich nun aber gegenüber seiner grossen Empfindlichkeit, die er in der Fermentfrage zur Schau trägt, die gleich darauf gemachte Aeusserung: es liege ihm nichts an dem Namen Ferment; wolle man solche Stoffe wie das Fibrinferment von den echten Fermenten trennen, so käme es nur darauf an, die richtige Bezeichnung für die neu zu bildende Gruppe zu finden. So ist es, Hr. Schmidt.

Wenn der Vorgang der Fibringerinnung so klar vor uns liegen wird, wie jener der Salicingährung, oder nur jener der diastatischen Gährungen, dann werden sich auch die passendsten Bezeichnungen für ihn bald finden. Vorläufig wollte ich aber Hrn. Al. Schmidt den Rath geben, sich über Fermentwirkung und Gährungsprocesse in den vortrefflichen neuerlichen Abhandlungen von Hoppe-Seyler[1]) zu unterrichten.

So wie bei anderer Gelegenheit Herrn O. Hammarsten[2]), wird auch mir von Herrn Al. Schmidt vorgeworfen, dass ich ihm mit Unrecht die Meinung zuschreibe, die Bildung des Faserstoffs beruhe in der Vereinigung der Fibringeneratoren, nämlich des Fibrinogens und der fibrinoplastischen Substanz[3]). Ich kann mit Bezug auf diesen Vorwurf versichern, dass es nicht der von Herrn Al. Schmidt angezogene mit »vielleicht« beginnende Satz allein ist, der mich auf diesen Gedanken brachte, sondern dass vielmehr alle bis zu jener Zeit veröffentlichten Publikationen des Herrn Al. Schmidt mich zu dieser Auffassung führten.

Herr Hammarsten[4]) hat mich glücklicher Weise der Mühe überhoben, mich nach dieser Richtung zu rechtfertigen. Herr Hammarsten hat nachgewiesen, dass Herr Al. Schmidt in derselben

---

1) l. c. Hoppe-Seyler: Dieses Arch. Bd. XII. S. 1 u. dessen Lehrb. der physiol. Chemie 1877. S. 118—126.

2) Al. Schmidt: Dieses Arch. Bd. XIII. S. 146.

3) l. c. S. 349.

4) Dieses Arch. Bd. XIV. S. 214.

Abhandlung mindestens dreimal noch (ausser dem mit »vielleicht« beginnenden Satze) von einem Zusammentreten beider Fibringeneratoren zu Faserstoff spreche. Es ist nun doch eine eigenthümliche Erscheinung, wenn so Viele: L. Herman, J. Ranke, Hammarsten und ich in das gleiche Missverständniss verfallen und zwar ohne Grund! Ich will aber Herrn Al. Schmidt in der Sache mit derselben Autorität aufwarten, die er mir bei anderer Veranlassung vorhält, und die er zu respectiren sicherlich alle Gründe hat, mit Brücke nämlich. Derselbe sagt in seinen im Jahre 1874 unter seiner Aufsicht herausgegebenen Vorlesungen über Physiologie Folgendes: Er (Al. Schmidt) wurde darauf geführt, im Blute zwei Substanzen anzunehmen, von denen er die eine die fibrinogene, und die andere die fibrinoplastische Substanz nannte und durch Vereinigung dieser beiden entsteht nach ihm das Fibrin. Weiter unten sagt er: »Al. Schmidt hat nun in der That diesen anderen Körper gefunden, welchen er mit dem Namen des Fibrinfermentes bezeichnete. Er ist aber nach wie vor der Ansicht, dass doch das Paraglobulin insofern den Namen der fibrinoplastischen Substanz verdiene, als sie mit seiner fibrinogenen Substanz zusammen Fibrin bilde«[1]. Herr A. Schmidt muss nach alledem in der That ein kurzes Gedächtniss haben, oder er besitzt die Gabe, seine Ansichten klar auszudrücken, in viel geringerem Grade, als es für ihn selbst wie für die Leser seiner Abhandlungen wünschenswerth wäre.

Herr Al. Schmidt wird je weiter er in seiner Polemik gegen mich fortschreitet, um so aggressiver. Zum Beweise dessen verweise ich auf seine höchst bedenkliche Tactik, sich urplötzlich das Phantom einer Gerinnungstheorie zu schaffen, die er die meine nennt, um sie sofort con amore herunterzumachen[2]. Ich habe aber niemals eine Gerinnungstheorie aufgestellt, sondern bei jeder Gelegenheit betont, dass ich die Zeit für eine solche noch nicht gekommen erachte. Dies betone ich sogar unmittelbar vor dem Satze, aus welchem Herr Al. Schmidt sich die gegnerische Waffe meiner sogenannten Theorie schmiedet. Wie lautet dieser Satz? Man höre: »Sollen wir nun über diese, wie man sieht, sehr abweichenden Ansichten ein

---

1) Vorles. über Physiol. von E. Brücke I. Bd. Wien 1874 S. 100.

2) Al. Schmidt l. c. S. 352.

Urtheil fällen, so kann es im Allgemeinen sich nur auf den Eingangs dieser Erörterung ausgesprochenen Satz zurückbeziehen: dass nämlich die Frage der Bildung des Fibrins noch immer nicht endgültig erledigt sei. Es will aber mehr und mehr scheinen, als ob die älteren Anschauungen über die Fibrinbildung, welche der atmosphärischen Luft dabei eine Rolle zuschreiben, wenngleich in veränderter Bedeutung wieder zur Geltung gelangen sollten«[1]). Dieser Satz mit den daran sich knüpfenden Hinweisungen, dessen Anfang schon erkennen lässt, dass es sich hier um nichts weiter, wie um eine unmassgebliche Meinung, oder höchstens um eine Vermuthung handelt, wird in wenig loyaler Weise von Herrn Al. Schmidt dahin ausgebeutet, ich hätte eine Gerinnungstheorie aufgestellt! Herr Al. Schmidt mag sich versichert halten, dass ich ihm mit Gerinnungstheorien keine Concurrenz machen werde, und ich habe gar nichts dawider, wenn er diesen Wechselbalg, den er meine Gerinnungstheorie nennt, seinem Schicksal überlässt.

Ernster aber verhält es sich mit einer Insinuation des Herrn Al. Schmidt, welche mich persönlich verunglimpft und gegen welche ich mit aller Entschiedenheit protestiren muss. Herr Al. Schmidt versteigt sich nämlich gar noch zu der Aeusserung, ich spräche durch den Satz: »indem wir auf die Frage der Genesis des Fibrins weiter unten eingehender zurückkommen, bemerken wir nur, dass Al. Schmidt in neuester Zeit zur Aufrechthaltung seiner Theorie noch zur weiteren Annahme eines eigenthümlichen Fibrinfermentes, welches die Vereinigung von Paraglobulin und Fibrinogen bewirken soll, seine Zuflucht nimmt«[2]), die Beschuldigung, die Verdächtigung gegen ihn aus, dass es ihm mit der Wahrheit seiner Meinung nicht so sehr ernst sei, dass das Fibrinferment für ihn nur eine Ausflucht, oder ein Vorwand gewesen sei (!!)[3]).

Meine Erwiderung auf diesen Angriff kann sehr kurz sein. Steht Herr Al. Schmidt mit dem Genius der deutschen Sprache wirklich auf so gespanntem Fusse, als es die obige Insinuation vermuthen lässt, und als ich es zu seiner Entschuldigung annehmen will, so wird er künftig gut thun, vorsichtiger zu sein, und sich

1) Lehrb. der physiol. Chemie 3. Aufl. S. 137. 138.

2) Lehrb. der physiol. Chemie 3. Aufl. S. 128.

3) Al. Schmidt l. c. 355—356.

über die zulässige Bedeutung der Worte unserer Sprache zu orientiren, ehe er aus Unkenntniss derselben ungerechte Beschuldigungen ausspricht. Ist diese meine Voraussetzung aber eine irrige, kennt er die Bedeutung der Worte, so hat er gegen sein besseres Wissen gegen mich eine Verdächtigung ausgesprochen, die ich mit Entrüstung zurückweise. Ich ziehe es aber vor, die erstere Alternative für die zutreffende zu halten und den überhaupt durchaus verletzenden Ton seiner Polemik der Aufregung zu Gute zu schreiben, in welche er durch die ablehnende Haltung mehrerer Fachgenossen gegenüber seinen Ansichten in der Gerinnungsfrage offenbar gerathen ist. Dies mein erstes und letztes Wort in der Sache.

Ueber die Lebenszähigkeit des Foetus der Warmblüter.

Schreiben des Herrn Prof. **Dr. Bischoff** in München an den Herausgeber.

Sie haben in dem neusten Hefte Ihres Archives, im Anschluss an eine Beobachtung des Herrn Prof. Zuntz, einen Fall von Lebenszähigkeit des Herzens eines menschlichen Foetus bekannt gemacht.

Da ich ganz Ihrer Ansicht bin, dass diese Fälle ein hohes Interesse besitzen, und eine weit grössere Aufmerksamkeit verdienen, als sie bisher gefunden, so erlaube ich mir Sie zu bitten, in dem nächsten Hefte Ihres Archives darauf aufmerksam machen zu wollen, dass ich schon vor langer Zeit ähnliche Fälle langer Lebenszähigkeit des Herzens ganz junger Säugethier-Embryonen mitgetheilt habe. So in meiner Entw.-Geschichte des Hunde-Eies pag. 97, wo ich das Herz, oder vielmehr den Herzkanal, eines sehr jungen 14 Tage alten Hunde-Embryos beschrieb, den ich noch 5 Stunden nach der Herausnahme des Eies aus dem Uterus sich rhythmisch zusammenziehen sah. Dasselbe beobachtete ich bei ganz jungen Meerschweinchen-Embryonen noch 24 ja 48 Stunden nach dem Herausschneiden der Eier aus der Mutter. In Betreff der letzteren Beobachtungen kann ich aus meinem damaligen Beobachtungs-Journal nachtragen, dass die eine Beobachtung am 11. August 1851 an einem 16 Tage alten 3,5 Mm. grossen Embryo; die zweite am 1. Januar 1852 bei einem 17 Tage alten gemacht wurde. Im letzten Falle hatte das mit einem Stück Uterus ausgeschnittene Ei zwei Nächte lang in meinem nur während des Tages geheizten Zimmer zwischen zwei Uhrgläschen gelegen.

Ich habe in beiden Fällen bemerkt, dass der Herz-Kanal nur erst aus Zellen, oder vielmehr Protoplasten, bestand, welche kaum angefangen hatten sich zu Fasern auszuziehen, an denen zugleich keinerlei Verschiedenheiten zu beobachten waren.

Ich habe dieser, ja auch von dem Hühner-Embryo-Herzen, be-

kannten Thatsachen in meinen Vorlesungen bei der Besprechung der Frage nach der Ursache der Herzbewegungen stets als des Beweises gedacht, dass, wie abhängig auch die Herzthätigkeit von dem Central-Nervensystem, von den Herzganglien, von dem Blute, von dem Athemprocess etc. sein möge, dennoch die letzte Ursache für die Thätigkeit, und selbst für den Rhythmus dieser Thätigkeit, in dem Herzmuskel selbst zu suchen sei.

Ich habe sodann diese Thatsache der so lange sich erhaltenden Bewegung eines einfachen organischen Gebildes immer als eines der schönsten Beispiele für das Verständniss einer organischen Bewegungs-Erscheinung überhaupt, als des Effectes bei der Umsetzung organischer Substanz frei gewordener Spannkräfte, betrachtet, und als solches dem Nachdenken meiner Zuhörer empfohlen.

Ich glaube also, dass diese von Ihnen aufs Neue angeregte Erfahrung sehr wohl verdient in dem Gedächtniss der Fachgenossen erneuert zu werden.

Wiederholung des Versuchs von Gscheidlen zur Darstellung von Schwefelcyanblei aus Menschenharn.

Von

J. L. W. Thudichum in London.

Obwohl aus den von mir in einer frühern Abhandlung angegebenen Eigenschaften des Schwefelcyanblei's mit Sicherheit hervorgeht, dass es auf dem von Gscheidlen eingeschlagenen Wege nur erhalten werden könnte, wenn davon mehr als drei Gramm in jedem Liter Harnextract enthalten wären, so hielt ich es doch für gerathen, den auf S. 405, Band 14 dieses Archivs beschriebenen Versuch zu wiederholen, um ein Urtheil darüber zu erhalten, was Gscheidlen wohl gefunden haben könnte. Ich fällte aus 17¼ Liter Harn von drei gesunden Männern die Phosphor- und Schwefelsäure durch heisses konzentrirtes Barytwasser, verdampfte das Filtrat zum Syrup, und liess krystallisiren. Der abgegossene Syrup wurde mit Alkohol ausgezogen und gab viel kryptophansauren Baryt, der mit Bleizucker und Alkohol nach der von mir beschriebenen Weise behandelt, 20.4 Gramm weisses, nach dem Trocknen hornig durchscheinendes kryptophansaures Blei lieferte. Der Salzkuchen wurde für sich mit Alkohol extrahirt, und damit im Mörser sorgfältig durchgerieben und in einer verschlossenen Flasche durchgeschüttelt. Ich destillirte nun den Alkohol von den Extracten ab, und löste den Rückstand in Wasser. Zu dieser Lösung setzte ich Kalkmilch aus gebranntem weissem Marmor, und filtrirte. Ich konnte aber nicht beobachten, was Gscheidlen angibt, nämlich dass durch diese Operation der grösste Theil der Farbstoffe gefällt wurde. Im Gegentheil, das Filtrat war dunkel gelbroth gefärbt, und nicht nur schwach gelb wie Gscheidlen von seinem Filtrat berichtet. Ich engte abermals zum Syrup ein, wobei sich viel kohlensaurer Kalk, gemischt mit Uromelanin- und Urogittin-Kalk absetzte und behandelte das Filtrat abermals mit viel absolutem Alkohol. Alles löste sich, so dass ich die Behandlung mit Kalk sowohl, als die zweite Alkoholbehandlung für vollständig nutzlos ansehen musste. Ich destillirte den Alkohol abermals ab und brachte die Lösung auf

das Volum eines Liters. Sie wurde nun in vierzig Portionen jede mit der nöthigen Menge Bleizucker versetzt und rasch abfiltrirt. Dabei hegte ich zwar nicht die Besorgniss von Gscheidlen, dass das Schwefelcyanblei im Niederschlag verloren gehen könne, sondern hielt mein Gemüth für die Beobachtung ganz frei. Die vereinigten Filtrate auf dem Wasserbad erwärmt bildeten ein leicht absetzbares Pulver, dessen Menge desto grösser wurde je länger das Erwärmen dauerte. Nach und nach bildeten sich viele Gramme desselben, die abfiltrirt und gewaschen wurden. Bei einiger Untersuchung stellte sich heraus, dass der Absatz aus überbasischem Oxychlorid bestand ($PbCl_2 + 6 PbO + xH_2O$). Nach mehrmaligem Auskochen mit Wasser, war es ganz unlöslich in Wasser, vollständig löslich in kaustischem Kali, in Salpeter- und Essigsäure. Mit Salpetersäure bildete es keine Schwefelsäure, mit kohlensaurem Kali gekocht gab es kein Schwefelcyan an dieses ab. Für sich erhitzt verlor es plötzlich Wasser und verwandelte sich in das schönste „Kasseler Gelb".

Die Abkochung von diesem Niederschlag (welche Gscheidlen in seinem Experiment übrigens nicht berücksichtigt hatte) musste somit alles Schwefelcyanblei enthalten, welches sich etwa aus dem Filtrat von der Bleifällung abgesetzt haben konnte. Sie wurde auf ein kleines Volum abgedampft, setzte aber nur amorphes Pulver, keine Krystalle ab. Flüssigkeit und Pulver wurden jedes für sich mit kohlensaurem Kali zersetzt, und die alkalischen stark gelben Filtrate auf Schwefelcyan geprüft. Und siehe da! Sowohl Eisenchlorid in Gegenwart eines Ueberschusses von Salzsäure gab tiefe bräunliche Röthung, als auch Jodsäure und Stärke blaue Färbung. Ich destillirte nun die ganze Flüssigkeit mit Phosphorsäure auf die Hälfte ab; allein im Destillat war keine Spur von Reaction auf Schwefelcyan zu bemerken; die jetzt braune, mit Zersetzungsproducten von Harnfarbstoff durchsetzte Flüssigkeit gab die Reaction mit Jodsäure noch lebhafter als vorher.

Somit enthielt auch diese Abkochung kein Schwefelcyan, und ich wandte mich daher an den mit dem Bleizucker hervorgebrachten Hauptniederschlag. Er wurde mit drei Liter Wasser gewaschen und das Filtrat abgedampft. Der gebildete Absatz sowohl als das Filtrat wurden auf Schwefelcyan geprüft, aber ohne Erfolg.

Endlich destillirte ich auch den vierten Theil des Hauptextracts, welches das „Kasseler Gelb" geliefert hatte, entsprechend 4.31 Liter Harn, mit Ueberschuss von Phosphorsäure, und erhielt in keinem

Theil des in drei Portionen aufgefangenen Destillats eine Spur von Schwefelcyansäure.

Beweis, dass der im Harn enthaltene schwefelhaltige Körper, welcher mit Salzsäure und Zink Hydrothion liefert, nicht Schwefelcyan ist.

Dieser Körper, dessen einzige bis jetzt bekannte Reaction zuerst von Schönbein beobachtet wurde, wird durch Bleizucker beinahe vollständig entfernt. Aus dem Bleiniederschlag erhält man ihn leicht wieder in Lösung durch Behandlung mit kohlensaurem Kali in der Wärme. Befreit man diese Lösung durch Baryt von aller Schwefelsäure und destillirt sie mit einem Ueberschuss von Phosphorsäure, so erhält man in keinem Stadium des Destillirens auch nur eine Spur von Schwefelcyansäure oder schwefliger Säure. Fährt man mit dem Destilliren fort, bis die Mischung syrupdick ist, so ist beinahe aller Harnfarbstoff zersetzt, und aus den gebildeten schwarzbraunen Harzen erhält man auf die von mir beschriebene Weise Uromelanin und Urogittin. Die stark gefärbte Flüssigkeit, mit Salzsäure und Zink behandelt, liefert Schwefelwasserstoff, und zwar scheinbar gerade so viel als vor der Destillation. Dabei entfärbt sie sich beinahe vollständig; dieselbe Flüssigkeit vor der Destillation mit Zink und Salzsäure behandelt, entfärbt sich zwar auch, aber nicht so vollständig als nach der Destillation. Vor wie nach der Destillation gibt sie mit Jodsäure Reduction zu Jod, hauptsächlich von Harnsäure herrührend. Aber auch das Urochrom scheint an dieser Reduction der Jodsäure zu Jod Theil zu nehmen. Der Schwefelkörper hat daher die folgenden weiteren Eigenschaften:

1) Er bildet eine Bleiverbindung, die in Wasser unlöslich ist.

2) Er ist nicht flüchtig, wenn er mit einem grossen Ueberschuss von Phosphorsäure gekocht und bis zur Syrupdicke der Lösung eingedampft wird. Er ist daher nicht Schwefelcyansäure.

Dieses Experiment habe ich an 35 Liter Harn ausgeführt. Nach Ausfällung mit neutralem essigsaurem Blei (120 Cc. gesättigter Lösung auf jedes Liter Harn) wurde das Filtrat mit basischem essigsaurem Blei ausgefällt (1/8 Liter gesättigte Lösung auf jedes Liter Filtrat). Das Filtrat wurde nun mit etwas mehr Bleilösung versetzt, mit Ammoniak alkalisch gemacht, und der dritte Niederschlag abfiltrirt. Von der eingedickten Lösung wurde kohlensaures Blei, worin auch

Oxychlorid enthalten war, als vierter Niederschlag abfiltrirt. Aus der Lösung wurde alles Blei durch Kochen mit kohlensaurem Kali entfernt (fünfter Niederschlag) und dieselbe dann konzentrirt. Auch in ihr liess sich keine Schwefelcyansäure nachweisen.

Ich bin nun gerne bereit anzuerkennen, dass Experimente mit negativem Resultat gegenüber solchen mit widersprechendem positiven Resultat nur einen sehr beschränkten Werth haben. Ich muss aber, die gegenwärtige Discussion betreffend in Abrede stellen, dass Gscheidlen irgend ein zwingendes positives Resultat zu Tage gefördert hat. Denn 1) durch meine Experimente, betreffend die Eigenschaften des Schwefelcyanblei's, fällt der ganze Process, den Gscheidlen zur Isolirung dieses Körpers aus Harn zur Anwendung brachte, auch ohne mein negatives Resultat der Wiederholung seines Experiments. In der That könnte man demnach an Gscheidlen die Anforderung stellen, zu erklären, wie er es angestellt habe, vermittelst eines unmöglichen Processes ein „Präparat von grosser Reinheit“ zu gewinnen. 2) Durch mein Experiment, den Schönbein'schen Schwefelkörper betreffend, fällt die Stütze, welche er aus diesem machen zu können glaubte. 3) Die Reaction mit Eisenchlorid, deren sich Gscheidlen zum Nachweis der Schwefelcyansäure auch in stark gefärbten Harnextracten bedient, hat keinen diagnostischen Werth, denn sie kommt nicht nur einer Anzahl von Säuren zu, die im Harn enthalten sind, sondern ist auch eine Eigenthümlichkeit des Harnfarbstoffs, und die dunkelrothe Farbe, welche Urochrom und Eisenchlorid miteinander bilden, wird durch Salzsäure nur etwas gemindert, aber nicht entfernt. Sogar das Urogittin in alkoholischer Lösung gibt mit Salzsäure und Eisenchlorid dunkelrothe Färbung, die von der durch Schwefelcyansäure bewirkten nicht zu unterscheiden ist. Der Harnfarbstoff gibt auch die Reaction mit Jodsäure, doch langsamer als Schwefelcyan- oder Harnsäure. Er verhält sich dabei wie manche Alkaloide, und ist diess ein Grund mehr, neben den zahlreichen bereits von mir angegebenen, ihn für ein Alkaloid zu halten.

Nach alledem muss ich behaupten, dass bis jetzt die Gegenwart von Schwefelcyansäure im Harn von Niemand bewiesen worden ist. Als Beweis könnte nur gelten die Darstellung der Schwefelcyansäure in Substanz in krystallisirter Verbindung, und der analytische Nachweis der richtigen Verhältnisse aller darin vorhandenen Elemente; dabei wäre zu verlangen, dass die Säure wenigstens einmal

destillirt worden sei, und dass sie die characteristischen Reactionen liefere.

Der Gedanke, dass, weil Schwefelcyansäure im Speichel enthalten ist, sie auch in den Harn übergehen müsse, enthält ein Element der Wahrscheinlichkeit, das zur Forschung einladet. Allein wiederum ist es wahrscheinlich, dass die Säure chemischen Zwecken des Körpers diene, und darin entweder verbunden, oder verändert, oder gar durch vollständige Oxydation zerstört werde. Die weitere Untersuchung dieser Frage wird aus obiger Diskussion wohl einigen Nutzen zu ziehen im Stande sein. Sie wird sich aber auch an dem Beispiel des Herrn Gscheidlen eine Warnung nehmen, und solche betrübende Verluste an Zeit und Mühe vermeiden. Welchen Werth haben jetzt all die Argumente, quantitativen Schätzungen, Experimente an Thieren, alle die mühsamen Versuche zur Führung eines indirecten Beweises, der nur direct geführt werden kann? Es ist schmerzlich, dass die Frage nur eine Antwort zulässt — Keinen.

Fig. 1.

n

Fig. 2 a.

Fig. 2 b.

60 mm

50

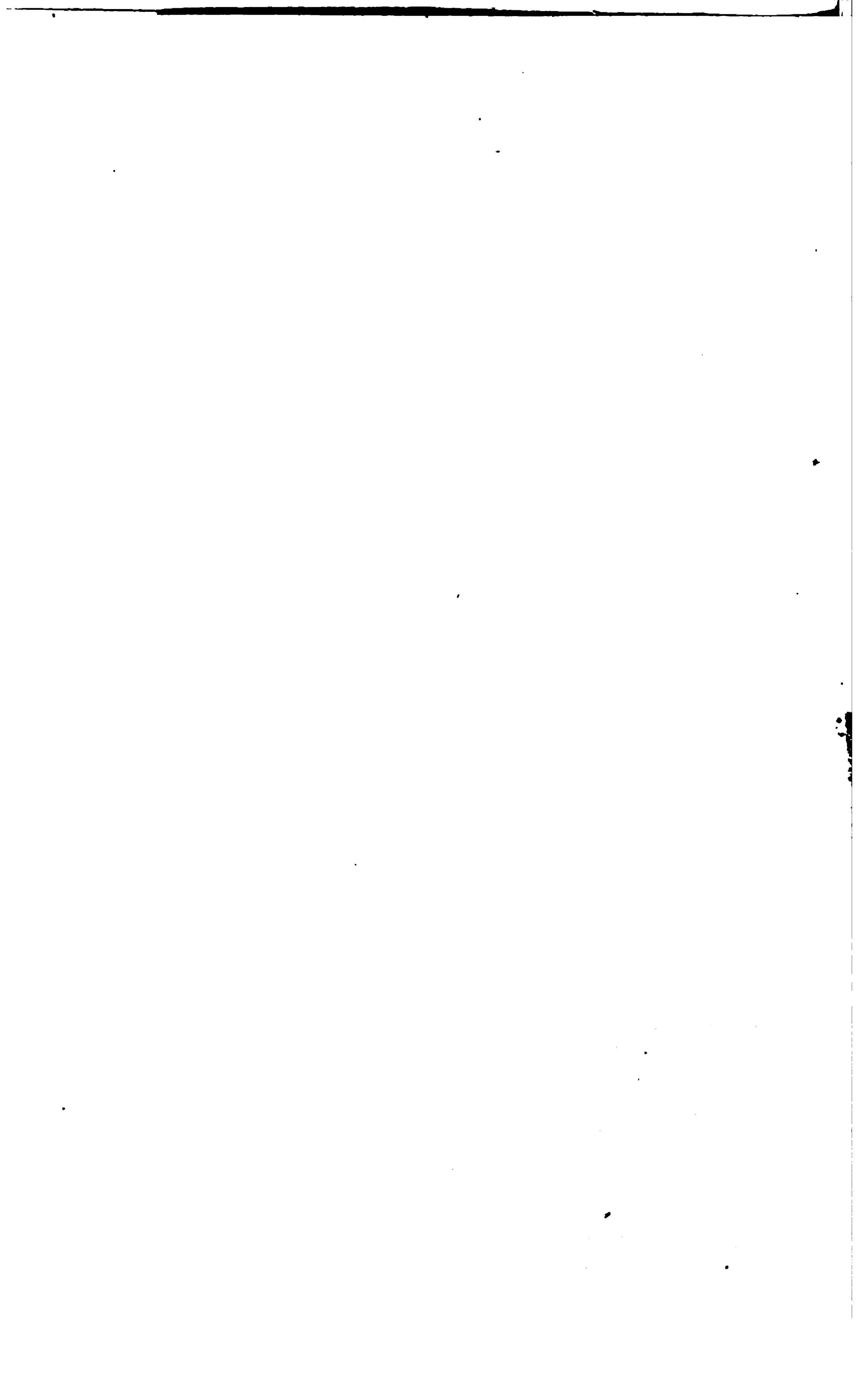
Nach Pause von 2 Min.

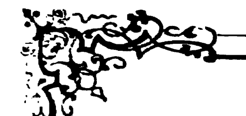
Nach Pause von 3 Min.

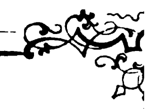
Nach Pause von 5 Min.

Nach Pause von 2 Min.

Nach Pause von 10 Min.







ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

ZWEITES UND DRITTES HEFT.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN
(FR. COHEN).





Ausgegeben den 26. April 1877.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter

erhalten von den Arbeiten in dieser Zeitschrift

40 Separatabdrücke gratis.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur.

Von

E. Pflüger.

---

§ 1. Einleitung.

Die oberflächlichste Betrachtung der Gesammtheit der Processe in einem lebendigen Wesen zeigt sofort, dass sie in strengem Sinne niemals ein dynamisches Gleichgewicht darstellen. So ändert ein reissender Bergstrom, der Felsblöcke fortrollt und sein Bett durchwühlt, in jedem Moment den Wellenschlag und den Verlauf. In dem ewigen Wechsel der Arbeit der das Leben erzeugenden Kräfte lässt sich bis jetzt nur Ein allgemeiner Gesichtspunkt finden, der ihr Wirkungsgesetz, wenn auch nicht absolut, so doch der Regel nach beherrscht. Diesem zufolge treten jedesmal nur solche Combinationen von Ursachen in die Wirklichkeit, welche die Wohlfahrt des Thieres möglichst begünstigen. Dieses bewahrheitet sich selbst dann, wenn ganz neue Bedingungen künstlich in den lebendigen Organismus eingeführt worden sind.

Was ist merkwürdiger, als dass sogar bei den hochorganisirten Säugethieren der ausgeschnittene Gallengang sich wieder erzeugt? dass ein durch blutige Operation entferntes beträchtliches Stück des Nervenstammes eines höheren Thieres aufs Neue geschaffen wird und die zusammengehörigen unter den vielen Tausenden von Nervenfasern sich wieder mit einander verknüpfen, obwohl es weder der Mikroskopie, noch der Chemie, noch dem physiologischen Experimente gelungen ist, die Spur eines materiellen Unterschiedes an den verschiedenen Nervenfasern zu entdecken? Was ist wunderbarer, als dass der Organismus sich an die verschiedensten organischen und anorganischen Gifte, die doch die verschiedensten Aenderungen hervorbringen, bis zu einem gewissen Grade gewöhnt, zuweilen sogar wie beim Impfen nach nur einmal stattgehabter Einwirkung eine derartige veränderte Combination der Lebensfaktoren eingeht, welche besonders geeignet ist, dem schädlichen Einflusse zu widerstehen? Endlos wäre die Reihe von Thatsachen, welche man zur Erhärtung des Satzes aufzählen könnte, dass die Variation der zahllosen

Lebensfaktoren je nach den Umständen verschieden, aber der Regel nach durch kein anderes Princip beherrscht scheint als das der zweckmässigsten Sicherung der Existenz.

---

§ 2. Psyche und Instinkt.

Wenn wir sehen, dass ein Thier, ähnlich wie der Mensch, seine Handlungen den jeweiligen Zuständen der es umgebenden Körperwelt fortwährend so anpasst, wie es für seine Wohlfahrt am vortheilhaftesten ist, dann schliessen wir, dass jene Handlungen durch Ueberlegungen bestimmt seien, also der Ausfluss eines mit Bewusstsein begabten psychischen Vermögens. Ich gebrauche das Wort »Bewusstsein« hier in der allgemeinsten Bedeutung für jeden beliebigen noch so dunklen Vorgang, der ohne die Betheiligung der seelischen oder geistigen Kraft des sogenannten »Ich« nicht denkbar ist. Ich halte die Annahme eines mit Bewusstsein verbundenen seelischen Vermögens bei den Thieren für hinreichend sicher; denn obwohl das »Ich« überhaupt kein Mittel besitzt, mit absoluter Nothwendigkeit zu beweisen, dass ausserhalb des eigenen Bewusstseins noch ein anderes existirt, zweifelt daran doch Niemand, so lange es sich um den Menschen handelt. Der Schluss auf das Thier ist aber nicht von wesentlich anderer Natur.

Wir bemerken nun ferner, dass auch diejenigen Organe der Thiere, auf deren Arbeit die bewusste Seele keinen Einfluss ausübt, in analoger Weise wie das Gesammtthier den wechselnden Verhältnissen gegenüber ihre Arbeit zweckmässig reguliren und wundern uns nicht, wenn der grosse Heros des Alterthums Aristoteles in allen Organen eine psychische Kraft sucht und Alexander von Humboldt sagt, dass er nicht entscheiden wolle, ob die Vorgänge in den lebenden Wesen mit einer vorstellenden Thätigkeit verknüpft wären.

Nach Aristoteles existirt eine Psyche, welche die Entwicklung und Ernährung aller Organe leitet, als letzte Entelechie[1]) oder wirkende Kraft; gleichwohl lebt sie nicht ohne den lebendigen Körper und entbehrt der Individualität.

---

1) Eduard Zeller, Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung. Tübingen 1860. II. Aufl. II. 2. pg. 371.

»Denn es kann«, sagt Aristoteles[1]), »weder eine Seele in einem anderen Dinge sich befinden, als in demjenigen, dessen Seele sie ist, noch kann es einen Theil geben, der ohne Seele ist, ausser insofern man ihn (uneigentlich) mit demselben Namen belegt, wie man von dem Auge eines Todten spricht.«

Ferner: »Somit ist einleuchtend, dass es Etwas gibt, was die Theile (Organe) bildet, aber nicht in der Art, dass es ein individuelles Wesen wäre oder als der erste vollendete Theil in ihm vorhanden wäre«[2]).

Merkwürdig bleibt, dass Aristoteles trotzdem alle Seelenthätigkeit, also auch die seiner Ernährungsseele nicht an die gemeine Materie, sondern an ein höheres Substrat[3]) gebunden denkt, obwohl nur die bewusste Denkseele — die *ψυχὴ νοητικὴ* — rein göttlich ist, und nicht wie die ernähernde Seele — die *ψυχὴ θρεπτικὴ* — sich gleichzeitig in und mit dem Körper entwickelt hat, sondern von Aussen hineingekommen ist. Denn:

»Es bleibt aber übrig«, sagt Aristoteles[4]), »dass das Denkvermögen allein von aussen (nämlich in den Körper des sich entwickelnden Embryo) hineinkomme und allein göttlich sei. Denn seine Thätigkeit hat mit keiner körperlichen Thätigkeit Gemeinschaft. Jedes Seelenvermögen scheint nun an einen andern Körper gebunden zu sein, der von höherer Art ist als die sogenannten Elemente. Wie sich aber die Seelen unter einander nach ihrem höheren oder niederen Range unterscheiden, ebenso unterscheidet

---

1) Aristoteles, Zeugung und Entwicklung der Thiere, Ausgabe von H. Aubert u. Fr. Wimmer. Leipzig 1860. pag. 141:

„οὔτε γὰρ ψυχὴ ἐν ἄλλῳ οὐδεμία ἔσται πλὴν ἐν ἐκείνῳ οὗ γ' ἐστίν, οὔτε μόριον ἔσται μὴ μετέχον ἀλλ' ἢ ὁμωνύμως ὥσπερ τεθνεῶτος ὀφθαλμός.“

2) Aristoteles, Zeugung u. Entwicklung ed. Aubert u. Wimmer pg. 139:

„ὅτι μὲν οὖν ἔστι τι ὃ ποιεῖ, οὐχ οὕτως δὲ ὡς τόδε τι, οὐδ' ἐνυπάρχον ὡς τετελεσμένον τὸ πρῶτον, δῆλον.“

3) Eduard Zeller a. a. O. pg. 372. 374.

4) Aristoteles. Zeugung und Entwicklung etc. Editio Aubert und Wimmer pg. 150:

„λείπεται δε τὸν νοῦν μόνον θύραθεν ἐπεισιέναι καὶ θεῖον εἶναι μόνον· οὐθὲν γὰρ αὐτοῦ ἡ ἐνέργεια κοινωνεῖ σωματικῇ ἐνεργείᾳ. πάσης μὲν οὖν ψυχῆς δύναμις ἑτέρου σώματος ἔοικε κεκοινωνηκέναι καὶ θειοτέρου τῶν καλουμένων στοιχείων· ὡς δὲ διαφέρουσι τιμιότητι αἱ ψυχαὶ καὶ ἀτιμίᾳ ἀλλήλων, οὕτω καὶ ἡ τοιαύτη διαφέρει φύσις.“

sich auch das Substrat derselben.« (Ich zweifle daran, dass Aristoteles der Autor dieser Stelle ist.)

Die Aufklärung des in den Lehren des grossen Philosophen zuweilen hervortretenden Mangels an innerer Consequenz ist mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden, weil nach der competenten Ansicht des berühmten Philologen J. Bernays[1]), »kein von Aristoteles allseitig ausgearbeitetes und veröffentlichtes Werk vorliegt, sondern nur eine Reihe vorläufiger Aufzeichnungen, deren Bestimmung zum Gebrauch bei seiner mündlichen Lehrthätigkeit von vorn herein wahrscheinlich war und durch die neueren, der aristotelischen Literärgeschichte zugewandten Forschungen immer deutlicher hervortritt. Es liegt in der Natur der Sache, dass bei der Redaction solcher nachgelassener Papiere des Aristoteles alle die Uebelstände in vollem Maasse eintraten, welche z. B. bei der Herausgabe der Hegel'schen Vorlesungen, denen ja auch von Hegel selbst verfasste Hefte zu Grunde liegen, nicht ausgeblieben sind.« Was aber in unserem Falle die Sache wesentlich weiter schädigt, ist die Nothwendigkeit, dass der Erklärer des Aristoteles nicht bloss ein erfahrener Naturforscher, sondern auch ein eben so vollkommener Kenner der altgriechischen Sprache und Literatur sein muss.

Wer sich deshalb um so mehr zum Tadel gegen mich berechtigt glaubt — und solchen erwarte ich natürlich nur von einer bestimmten Art unter den Naturforschern — dass ich trotzdem auf diese um Jahrtausende von uns entfernt liegende Literatur zurückkomme, den bitte ich zu erwägen, dass es sich hier um allgemeine Fragen handelt, die von Ihm, einem der grössten Genie's aller Zeiten untersucht wurden, von Ihm, der so gewaltig war, dass Sein Name nach zwei Jahrtausenden noch mit solchem Glanz im Gedächtniss der Besten fortlebt.

Das Grossartige in den oben mitgetheilten Gedanken liegt in der Erkenntniss der Analogie, welche zwischen der zweckmässigen, also vernunftgemässen Arbeit der lebendigen Organe des Körpers und der Thätigkeit der bewussten denkenden Seele — *ψυχὴ νοητικὴ* — besteht. Weiter aber mag ich selbst Ihm nicht folgen. Es gibt keine Rechtfertigung für die Annahme, dass die wirksamen Kräfte der lebendigen Organe an etwas Anderes gebunden seien als an die gemeine Materie, welche diese Organe zusammensetzt. Die naturwissenschaftliche Analyse der Lebensprocesse spricht vielmehr dafür

1) Jacob Bernays „Aristoteles Politik", 1872. pg. 212.

allein, dass diese Kräfte nichts als die der gemeinen Materie immanenten Qualitäten seien. Da nun meiner Ansicht nach die zahllosen Lebenserscheinungen — trotz allen Scheines der tiefsten Verschiedenheit — doch nur Variationen eines und desselben Grundphänomenes sind, so scheint mir allerdings der Schluss nahe zu liegen, dass die verschiedenen Seelen des Aristoteles mit Einschluss der bewussten denkenden Seele Schwestern derselben Art seien. Diesem Schluss entsprechend, tritt uns die heute nicht lösbare Frage entgegen, ob die so wunderbar zweckmässige, also vernünftige Arbeit, die **alle** Zellen verrichten, nur in den Ganglienzellen des centralen Nervensystemes von dem hellen Tage des Bewusstseins erleuchtet wird, während die specifisch analoge Arbeit der anderen Schwesterzellen des Organismus, auch selbst der schwachen Dämmerung eines Bewusstseins entbehrt, das dem Gehirnbewusstsein[1]

---

1) Das Wort „Gehirn" gebrauche ich in dieser Abhandlung als abgekürzten Ausdruck für das ganze centrale Nervensystem, da ich meine Ansichten über die sensorischen Funktionen des Rückenmarks nicht aufgegeben habe. Denn ich halte die gegenwärtig von fast allen Physiologen getheilte Ansicht über die Natur der Bewegungen hirnloser (resp. enthaupteter) Thiere für einen Irrthum. — Schon deshalb, weil uns die Selbstbeobachtung zeigt, welche Bewegungen reflectorisch, d. h. ohne Zuthun des Willens und welche nur durch den Willen veranlasst werden und nicht ohne ihn geschehen. — Jeder Polyp zeigt die Theilbarkeit des sogenannten Ich, und jeder getheilte Magnet lehrt, wie etwa ein einheitliches Wesen in mehre ganz analoge wieder einheitliche Wesen verwandelt werden kann. — Wenn das grosse Gehirn allein der Sitz der psychischen Kraft, also das eigentliche Centrum des ganzen Nervensystemes wäre, wie könnte dann bei den niedrigsten Wirbelthieren (Amphioxus lanceolatus) das Gehirn ganz verschwinden und nur das Rükkenmark übrig bleiben oder doch ein Organ, das wesentlich nur Rückenmark ist? Wohl nicht ganz bedeutungslos ist es deshalb, dass dem Rückenmark einiger Fische nicht bloss am Vorder-(Hirn)ende, sondern auch an den tieferen Theilen desselben gehirnartige gewölbte Halbkugeln aufsitzen. Die höheren Thiere — zur Elimination meines vom Amphioxus und Polyp entnommenen Einwandes — für allein beseelt, die niederen für Reflexmaschinen zu erklären, ist inconsequent, da Niemand die Grenze bezeichnen kann. Beim Menschen müsste die Seele dann erst einige Wochen nach der Geburt in den Leib fahren. Dabei wäre es doch merkwürdig, dass der Neugeborene sich in den ersten Zeiten, wo die willkürliche Bewegung noch so wenig ausgebildet ist, nicht einmal kratzen kann, wenn es ihn juckt, was ja bekanntlich nach der heutigen Theorie keine willkürliche, sondern eine Reflexbewegung ist. — Das Gehirn entsteht mit dem Rückenmark beim

(dem Ich) verborgen bleibt, weil zwischen beiden kein direkter Verkehr besteht. — Sobald es aber gelingt, alle zweckmässigen Thätigkeiten der Organe auf eine absolute Mechanik zurückzuführen, was hier mein Ziel ist, fehlt die Veranlassung zur Annahme einer Psyche als unmittelbarer Ursache der Erscheinungen. Es bleibt dann indessen das allerdings schwerste aller Probleme, ob auch die bewusste Psyche selbst eine Naturerscheinung von analoger Art sei, wie die vernunftgemässe Arbeit aller Organe.

Sind nun, so frage ich ferner, umgekehrt alle mit den psychischen und geistigen Thätigkeiten des Gehirnes überhaupt wesentlich verknüpften Vorgänge von dem Lichte des Bewusstseins erleuchtet? Gewiss ist, dass in dem centralen Nervensystem öfters Processe ablaufen, welche entweder dem Ich verborgen sind oder doch — ohne

Embryo aus derselben Grundlage und besteht mit ihm aus denselben Gewebselementen, zwischen denen keinerlei mikroskopischer oder chemischer Unterschied bis jetzt hat nachgewiesen werden können. Niemand läugnet, dass das centrale Nervensystem das Substrat der psychischen Processe ist, und Jeder weiss, dass das Rückenmark ein Theil des centralen Nervensystemes ist. Allen anderen Arten zu schliessen entgegen soll trotzdem der Eine Theil etwas ganz anderes sein als der andere Theil, obwohl tagtäglich die Thatsachen mehr für den stark centralen Charakter des Rückenmarks sogar bei den Säugethieren sich aussprechen. Die lebenszähe Salamandra (mac.), die nur verlängertes und Rückenmark, also keinen etwa specifischen Hirntheil besitzt, beträgt sich wie ein nicht enthirntes Thier. — Obwohl man mir hat zugeben müssen, dass die centralen Enden der Körpernerven (nicht Kopfnerven!) nicht wie man vor mir consequenter Weise annahm, im Gehirn, sondern im Rückenmarke liegen, sollen diese Enden jetzt nur mittelbar mit der „Psyche" im grossen Gehirn durch Zwischenapparate in Verkehr stehen, und die möglichst günstige Beziehung der „Psyche" zu der Aussenwelt, nämlich ihre unmittelbare Communication mit den einzelnen centralen Enden der Nerven nicht existiren. — Viele beurtheilen diese Frage aus der Voraussetzung der Richtigkeit der baaren Hypothesen, die sie sich gebildet haben über das Wesen des psychischen Processes, des grössten Räthsels der Welt, von dessen Lösung bis heute Niemand auch nur den Schatten einer Ahnung hat. — Einige, wie Emil du Bois-Reymond, gehen sogar in dieser Frage so weit, ihre doch unzweifelhaft mindestens nicht bewiesenen Ansichten als wissenschaftlich festgestellte Thatsachen gegen mich zu verkünden. Nicht einmal soll also zugestanden werden, dass die Frage controvers sei!!!

Die Descendenztheorie hat gezeigt, dass es Jahrhunderte gibt, in denen die grössten Wahrheiten überall wie Vagabunden von der Gelehrtenwelt mit Hohn und Spott verstossen werden und überall verschlossene Thüren finden. So ist es hier.

vorausgegangene und dem Zweck gemässe rechnende Arbeit des Verstandes — bewusste Vorstellungen und Wünsche zur unmittelbaren nothwendigen Folge haben, wie sie das weiseste Nachdenken zur Erreichung eines bestimmten Zieles nicht vernünftiger hätte zeitigen können.

Lehrreiche und überzeugende Beispiele liefern uns hierfür zunächst die Aeusserungen des sogenannten »Instinktes« der Thiere. Die vernünftige instinktive Handlung ist vom bewussten »Ich« gewollt, aber nicht ihrer Bedeutung nach durch eine bewusste vorausgegangene Ueberlegung motivirt oder veranlasst. Mit wählerischer Sorgfalt baut der Singvogel sein kunstreiches Nest, die Biene ihre Waben — sie wollen bewusst das Rechte, ohne den Zweck zu bedenken. Man könnte meinen, ein geheimer Genius errege in diesen Wesen, weil es ihnen an bewusster logischer Kraft gebricht, zur rechten Zeit die rechten Gedanken, Wünsche und Strebungen. Kaum ist der Schmetterling seiner Puppe entschlüpft, erhebt er sich in die Luft — ein Virtuos unter den Fliegern, der seine Kunst nie erlernt hat; umschwärmt die ihm Nahrung bietenden Blumen, die er nie gesehen und lässt sich auf ihnen nieder; er findet und saugt ihren Honig, dessen Existenz ihm verborgen war. Kennten wir genauer das Reich der Atome und Molecule in der lebendigen Zelle, wir würden im Kleinen überall wiederfinden, was uns hier im Grossen so viel Erstaunen einflösst. So fein indessen dieses Spiel auch sei, so streng gehorcht es trotzdem dem Causalgesetz. Mehrmals habe ich die Aeusserungen des Instinktes experimentell erforscht und gebe einige charakteristische Resultate.

In einem von hohen Mauern umgebenen Garten erzog ich ganz isolirt ein Truthuhn. Im Frühjahr begann das Thier, welches niemals begattet worden war, Eier zu legen und zwar 16 Stück. Selbstverständlich waren die Eier nicht entwicklungsfähig. Daraus folgt also, dass der Eileiter des weiblichen Vogels die vollkommen zwecklose bedeutende Arbeit und Ausgabe übernimmt, ein unbefruchtetes Ei so auszustatten, als ob es zur Entwicklung bestimmt sei. Das Ei erhält seine Eiweisshülle, seine Chalazen, seine Schaalenhaut, seine Kalkhülle. Die für Ausstattung des Vogeleies bestimmte Thätigkeit des Eileiters ist also auf die Voraussetzung basirt, dass ein Ei immer befruchtet werde.

Meine jungfräuliche Henne suchte sich eine bestimmte, hoch gelegene, sonst von Gebüsch etwas verdeckte Stelle, kratzte eine

flache Grube und legte hierher ihre sämmtlichen Eier, als ob diese einer zukünftigen Pflege bedürften.

Nachdem das Huhn das sechszehnte Ei gelegt hatte, begann es zu brüten. Ich liess ihm nur ein paar Eier und wartete ab, wie lange das dauern würde. Der Vogel sass aber Tag um Tag, sich immer nur ganz kurze Zeit von dem Neste entfernend, um Futter einzunehmen und dann schnell zum Brütegeschäfte zurückzukehren. Als dies über eine Woche gedauert hatte, nahm ich dem Huhn alle Eier fort, dieses aber liess sich in seinem Brütegeschäft nicht stören, sondern wärmte den nackten blanken Erdboden. So sass das Thier mehre Wochen und wurde in seinem Geschäfte immer eifriger, so dass es seltner zum Futter ging und sichtlich abmagerte. Als ich es von seinem leeren Neste mehrmals entfernte und in entlegene Gegenden des Gartens brachte, kehrte es mit grosser Geschwindigkeit zu seinem Neste zurück, um seinem Instinkte zu genügen und den Erdboden zu bebrüten.

Diesen merkwürdigen Versuch habe ich in dem Jahre darauf mit wesentlich demselben Erfolge an einem anderen Truthuhne wiederholt.

Der Eileiter hat das entwicklungsunfähige Ei mit Hüllen versorgt, als enthielte es den Keim eines jungen Vogels; die jungfräuliche Henne hat ein Nest hergestellt und das Brütegeschäft willkürlich übernommen, obwohl ihr dieses doch ganz unbekannt war, ja obwohl die Eier in diesem Falle keiner Sorge bedurften; das Huhn fuhr sogar zu brüten fort, als selbst der äussere Schein einer Veranlassung zum Brüten nicht mehr existirte.

Hier erkennt man klar in einer Reihe der verschiedensten vegetativen und psychischen Thätigkeiten des Vogels eine Mechanik, deren Ablauf seine ganze Veranlassung in der Production des Eies findet, gleichgültig, ob das Ei es auch bedarf, ja ob es überhaupt nach dem Legen noch existirt. Dass bei intelligenteren Vögeln der instinktive Trieb durch den Verstand corrigirt werden kann und wird, thut der principiellen Wichtigkeit meiner Beobachtungen am brütenden jungfräulichen Truthuhne keinen Abbruch.

Dieser Versuch zeigte, dass die instinktive Handlung des Brütens nicht bloss bewusst gewollt, sondern auch mit Leidenschaft erstrebt wurde. Denn das Huhn rannte, wenn ich es weit von seinem leeren Neste forttrug, sofort wieder zu demselben zurück. Man erkennt aber gleichzeitig, dass der eigentliche Zweck der instinctiven Hand-

lung nicht im Bewusstsein wirkt, da diese fortgesetzt wird, wenn der Zweck nicht mehr existirt. Die Anregung zum Brütegeschäft geht wahrscheinlich von dem Eierstock und Eierleiter aus, die wegen der bedeutenden Substanzverluste, welche sie erfahren haben, in Regeneration begriffen sind. Doch ist die Frage so einfach nicht, weil auch viele männlichen Vögel das Brütegeschäft ausüben, bei denen man nothwendig andere Motive voraussetzen muss.

Es scheint mir, dass auch in dem Menschen Gedanken und Wünsche entstehen, die höchst vernünftige, auf sehr reale Zwecke scheinbar berechnete Handlungen zur Folge haben, ohne dass diese Zwecke das bewusste Motiv der Seele sind.

Mit den Jahreszeiten und den physiologischen Zuständen unseres Körpers richtet sich unser Appetit bald dieser bald jener Art von Nahrungsmitteln mehr zu. Wer mehre Tage grosse Mengen des besten Fleisches gegessen hat, empfindet, wenn er wieder hungrig wird, eine grössere Neigung zu Amylaceen, Gemüsen und Früchten. Jede einförmige Kost erzeugt eine Veränderung der Richtung des Appetites, welche offenbar die normale Ernährung des Körpers wieder herzustellen geeignet ist. Wir nehmen also willkürlich bald diese bald jene Speise in bald grösserer, bald kleinerer Menge; unser Zweck ist: die Beseitigung des Hungergefühles und die Erreichung der grössten Lust. Der Zweck der Natur: Erhaltung des Lebens und Förderung der Gesundheit. — Was für den Hunger, gilt principiell auch für den Durst. —

Bald flieht der Mensch das Geräusch und die Arbeit, weil sie ihm widrig; bald sucht er sie auf, weil er sich daran ergötzt. Dort bedarf er Ersatz für Verlust, hier der Verwandlung gestauter Spannkraft in Arbeit. Denn Beides ist für die Gesundheit nothwendig und sie ist der Zweck der Natur. —

Wenn wir uns dem Rande einer steil abfallenden Felswand nähern und in die Tiefe hinabschauen, ergreift uns das Gefühl des Schwindels, das mit magischer Kraft uns von dem Betreten des äussersten Randes abhält. Man hat dieses Gefühl aber auch dann, wenn man sich in solcher Lage befindet, dass ein Herabstürzen absolut unmöglich ist; auch ist dieses Gefühl von dem der Furcht ganz verschieden, die noch so stark die Seele erregen kann, ohne dass die Spur des Schwindels bemerkt wird. Dieser schützt also das Leben und bestimmt das Fernbleiben von gefährlichen Abgründen und Höhen. Freilich verliert Mancher, wie viele Seiltänzer, durch

Schwindel das Leben, weil er dem Instinkt entgegen die Gefahr missachtet, was nur die Wichtigkeit desselben bezeugt. — Für die Erklärung des Schwindels erscheint es ferner von Belang, dass man auch beim Hinaufblicken nach der Spitze eines sehr hohen Thurmes schwindelig werden kann, obwohl man sich am Fusse desselben auf ebener Erde befindet; ganz ebenso, wenn man einen hoch in den Wolken befindlichen Luftballon fixirt, ja sogar wenn man sich in irgend welcher Lage des Körpers nur eine solche „schwindelnde" Höhe oder Tiefe vorstellt. Daraus folgt, dass es die Vorstellung einer ungeheuren Höhe ist, welche sich mit dem Gefühl des Schwindels nothwendig verknüpft. — Dass das Anschauen der Wolken oder des Mondes denselben gewöhnlich nicht erzeugt, hat wohl darin seinen Grund, dass diese uns so gewohnten Erscheinungen die Aufmerksamkeit des Beschauers auf die Form, Farbe, Helligkeit lenken, d. h. auf die Unterschiede, welche sie von einem Tage zum andern zeigen, keineswegs aber auf den Abstand von der Erde, den zu beurtheilen uns jedes Mittel fehlt. Wenn wir jedoch einen Stern mit der Vorstellung seiner ungeheuren Höhe über uns betrachten, stellt sich auch das Gefühl des Schwindels ein. —

Das Grauen und Fliehen der Menschen vor der Leiche scheint mir auch nicht hinreichend dadurch motivirt, dass der Todte Jedem die Vergänglichkeit des eigenen Lebens gleichsam ad oculos bezeugt. Denn Niemand bezweifelt seine Sterblichkeit, und Jeder weiss, dass der Tod Anderer keinen Einfluss auf den Termin haben kann, der ihm selbst als letzter Tag bestimmt ist. Die Berührung mit vielen an ansteckenden Krankheiten verstorbenen Leichen, ja selbst der Aufenthalt in ihrer Nähe kann aber wohl das Leben des Menschen bedrohen und auch vernichten. Deshalb hat das Grauen vor den Todten wohl einen tieferen Grund; es ist ein Instinct und wirkt darum auch mit so magischer Gewalt.

Hiermit in nahem Zusammenhang steht gewiss der starke Widerwille, den jeder Mensch gegen diejenigen Kranken empfindet, welche durch ihre äussere Erscheinung solche Veränderungen darbieten, wie sie innerhalb der Breite der Gesundheit nicht vorkommen. Flechten, nässende Hautstellen, Geschwüre, Geschwülste u. s. w. machen deshalb immer einen abschreckenden Eindruck. —

Fast alle Menschen empfinden einen Widerwillen gegen Reptilien, Amphibien und Spinnen und auch dieses Gefühl ist nicht mit Furcht identisch, sondern eher mit Ekel und Abscheu. Auch ver-

schwindet es nicht, wenn selbst jede Sicherheit vorliegt, dass das widrige Thier vollkommen unschädlich ist. Dass der Mensch gerade die Thierarten mit Widerwillen sieht, ihnen aus dem Wege geht und ihre Berührung vermeidet, unter denen die giftigsten und gefährlichsten Geschöpfe vorkommen, möchte wohl auch nicht als blosser Zufall zu betrachten sein. —

Die meisten giftigen Pflanzen schrecken uns nicht durch den Anblick, also die Wirkung auf das Auge, wohl aber durch die auf den Geruch und Geschmack. Denn die gefährlichsten werden von uns wegen der intensiven Bitterkeit oder anderer widriger Geschmäcke gemieden, d. h. durch die Unlust, welche sie sogleich bei der Berührung mit unserer Zunge erzugen. An der Eintrittsstelle in den Verdauungsapparat, welche das Gift passiren muss, um uns zu schädigen, sitzen also der Geschmacks- und Geruchsnerv als wachsame Pförtner. —

Die Abnahme der äusseren Temperatur der Luft erregt das Gefühl der Kälte und wegen der so erzeugten Unlust, des »Schauders«, den Trieb, Orte aufzusuchen, die vor Abkühlung möglichst schützen. So entfliehen die Menschen und Thiere in ihre Wohnungen, Höhlen und Nester während des Winters, oder wandern wohl gar nach dem Süden. Ihr Zweck ist: die Vermeidung eines unangenehmen eigenthümlichen Gefühls; der Zweck der Natur ist: Sicherung des Lebens; denn Wärme ist das Leben. Gerade weil die Erhaltung der hohen Temperatur im Körper der höheren Thiere und des Menschen die Fundamentalbedingung alles Lebens ist, hat die Natur ein ganzes Arsenal von Mitteln angewandt, um diesen Zweck möglichst sicher zu erreichen. —

Die Abnahme des Lichts und das Schliessen der Augen erregt das Gefühl des Dunkels. Der Mensch und die meisten Geschöpfe lieben die Dunkelheit nicht, sondern das Licht und ziehen sich bei eintretender Finsterniss in möglichst gesicherte Orte zurück. Denn wo das Auge fehlt, kann eine Gefahr viel näher an uns herankommen, ehe wir sie bemerken, ja ehe wir noch im Stande sind, ihr auszuweichen. Darum erregt die Abwesenheit des Lichtes, das sich dem Gesichtssinn als tiefes »Grau« darstellt, ein Gefühl der Unheimlichkeit, das die Sprache desshalb auch »Grauen« nennt. Das Gefühl der Dunkelheit oder das »Schwarz« wegen Lichtmangels ist also Lichthunger und drängt zur Sicherung der eigenen Persönlichkeit vor Gefahr, wenn dem Lichthunger nicht genügt werden kann.

Das Gefühl des Unheimlichen an einem dunkelen unbekannten Orte hat aber noch einen besonderen Grund in der Unmöglichkeit, einen anderen intensiven Trieb zu befriedigen. Jeder Mensch ist gezwungen, seine Sinneseindrücke sich verständlich zu machen. Man erkennt dies sofort daran, wie aufgeregt man wird, wenn man Etwas sieht oder hört, was man nicht begreift. Ein höchst widriges Gefühl macht sich sogar geltend, sobald man bemerkt, dass man eine Sinneswahrnehmung missverstanden hat. Jeder wird sich wohl dieses widrigen Eindruckes erinnern, wenn er in einem Eisenbahncoupé eines Zuges, der zwischen zwei anderen in verschiedenen Bewegungszuständen befindlichen Zügen steht, noch zu fahren glaubt und plötzlich durch einen Blick nach einem benachbarten Hause überzeugt wird, dass er in Ruhe ist und umgekehrt. Dieser gebieterische Trieb, die körperlichen Objecte der Sinneswahrnehmung zu verstehen, erstreckt sich aber allgemein auf alle, welche möglicherweise mit uns in Beziehung treten, uns schädlich oder nützlich werden können, also vorerst auf die nächste Umgebung. Jedes Thier und jeder Mensch schaut deshalb, sobald er an einen ihm fremden Ort, oder einen bekannten, der weil er neue Objecte enthält, partiell fremd ist, kommt, rings um sich und recognoscirt. Weil nun dem Menschen gewöhnlich die Orte, welche er betritt, nur theilweise durch neue Objecte, fremd sind, nennt die Sprache diesen für die Erhaltung des Lebens höchst wichtigen Trieb Neugierde. Es ist ein schlechtes Wort, weil es nur eine abnorm starke Entwicklung dieses Triebes bezeichnet, den es selbst nicht kennzeichnet. —

Während die bisher betrachteten instinctiven Handlungen des Menschen wesentlich den Zweck haben, das Individuum zu schützen, mögen jetzt diejenigen kurz berührt werden, welche sich auf die Erhaltung der Art beziehen.

Der Mann ist im ernstesten Gespräch mit dem Weibe im Denken und Handeln instinctiv ein Anderer als im Umgang mit seinem Geschlecht.

So lange die Zeugungskraft währt, putzen sich beide Geschlechter und behangen sich mit allerlei Zierrath, Flitter und Tand. Sie ertragen im Dienste der Gefallsucht die grössten Unbequemlichkeiten, ja sogar bedeutende Schmerzen, wie die Durchbohrung der Ohren, Nase, Lippen und das zur »Verschönerung« auch geübte Ausbrechen der Zähne u. s. w. bezeugt. Bei den Thieren übernimmt die Natur selbst die Herstellung des Hochzeitsputzes und hat damit die Männchen

besonders reichlich versorgt. Sogar auch sie liebt oft den grillenhaftesten Hochzeitsstaat, der das Männchen belästigt, das allerdings trotzdem auf seine Erscheinung nicht weniger stolz ist, wie jeder Pfau oder Truthahn zeigt und jeder das Weibchen becomplimentirende Kropftäuberich. Die Täubinnen müssen an einem so aufgeblasenen Kerl ein ausserordentliches Wohlgefallen empfinden. Bei manchen Thieren erzeugt die Natur den Hochzeitsputz jedesmal nur zur Zeit der Brunst. So wächst dann z. B. dem männlichen Triton der gewaltige zierliche Kamm, eine Art vom Kopf bis zum Ruderschwanz reichende Rückenflosse, die nach beendigtem Fortpflanzungsgeschäft wieder zurückgebildet wird und verschwindet, um bei der nächsten Brunst auf's Neue zu erscheinen.

Bei dem Putze ist des menschlichen Individuums bewusster Zweck, eine gefällige Erscheinung seiner selbst herzustellen, welche die Sprache charakteristisch auch »reizend« nennt. Im Sinne des höchsten Zwecks heisst hier »reizend«, was die Aufmerksamkeit anlockt und die Sinnlichkeit erregt. Diese ist aber das von der Natur erwählte unfehlbare Mittel zur Erhaltung der Art.

Die Putzsucht ist also ein physiologisch tief begründeter normaler Trieb und die Muse, welche als Mode diesem mit kunstvollem System ihre Gnaden spendet, kann sicherer als fast alle anderen Göttinnen darauf rechnen, dass von ihren Altären immer köstlicher Opferduft aufsteigt. Wenn die Putzsucht wohl als das Attribut kleiner Geister von einem theoretischen Gesichtspunkte aus bezeichnet worden ist, so weiss man doch auch, dass Julius Caesar, ja sogar Aristoteles — ein ächter Philosoph — ihr in ausgezeichnetster Weise huldigten. Die Geckenhaftigkeit des Aristoteles[1]) war nach glaubwürdigen Nachrichten ein wesentlicher Grund der Trübung der sonst so edlen langjährigen Beziehungen zu seinem Lehrer Platon. Höhnischen Angesichts und loser Zunge brüstete sich Aristoteles, der nach Diogenes[2]) ein kleinäugiges Männchen war,

1) Genauere Beschreibung des Putzes des Aristoteles findet sich mit der Bemerkung: *»πάντα δὲ ταῦτα ὡς ἔστιν ἀλλότρια φιλοσόφου, δῆλον«* in *ΑΙΛΙΑΝΟΥ ΠΟΙΚΙΛΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ Γ*. 19. Ex recognitione Rudolphi Herscheri. Bibliotheca Scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana. Claud. Aelian. etc. Vol. II. pg. 49.

2) Diogenes Laert. Vit. Phil. Ed. Didot. pg. 111.

in gewählter Frisur, die Finger voller Ringe, in reichverziertem Gewand und Sandalen[1]).

Wenn nun die Putzsucht also allgemein von den Menschen bald mehr bald weniger, bald in dieser bald in jener Form und sehr oft — wie z. B. im Tragen der Fingerringe — in geradezu wunderlicher Weise getrieben wird, muss man erstaunt sein, dass dieselbe trotzdem ebenso allgemein dem Tadel unterliegt. Ich glaube, man kann hierbei nicht ganz davon absehen, dass der Mensch meist geneigt ist, die vermeintlichen Fehler seiner Nebenmenschen strenger als die eigenen zu beurtheilen, welche letzteren wohl auch als kaum vorhanden vorausgesetzt werden. Der vermeintliche Fehler des Nebenmenschen wächst aber in der Vorstellung des Tadelnden nicht selten dann noch mehr, wenn er, wie z. B. der reichere Putz, dem betreffenden Individuum irgend einen Vortheil in der Concurrenz zuzuwenden droht. Der Tadel paart sich dann wohl auch mit leidenschaftlichem Neid, wenn die Mittel es dem Tadelnden nicht gestatten, seiner Persönlichheit ein gleiches Relief zu verleihen. Die Natur des Tadels charakterisirt sich schon dadurch, dass der Putz, welcher **schöne junge Damen** schmückt, deren Persönlichkeit keine Dissonanz ermöglicht, den **Männern** schwerlich jemals ernstlich unangenehm oder verwerflich erscheint.

Die Verpönung des Putztriebes hat also darin ihren wesentlichen Grund, dass er mit anderen Interessen und Trieben im Kampf um das Dasein in Conflict geräth. Der wichtigste und tiefste hier noch hervorzuhebende Grund des Tadels ist aber das geschlechtliche Schamgefühl, wie ich sogleich begründen werde.

Dasselbe wirkt als nächstes Motiv zu vielen willkürlichen instinctiven Handlungen, deren realer Zweck den Menschen ebenfalls verborgen zu sein pflegt. Es ist ein Irrthum, dass das geschlechtliche Schamgefühl einen moralischen oder religiösen Boden habe. Denn nach der Mosaischen Kosmogonie sagt Zebaoth selbst den neuerschaffenen Menschenkindern:

»Seid fruchtbar und mehret Euch und füllet die Erde!«

Am überzeugendsten erkennt man die Unabhängigkeit des

---

1) *οὐκ ἠρέσκετο τῷ βίῳ αὐτοῦ ὁ Πλάτων οὐδὲ τῇ κατασκευῇ τῇ περὶ τὸ σῶμα. καὶ γὰρ ἐσθῆτι ἐχρῆτο περιέργῳ ὁ Ἀριστοτέλης καὶ ὑποδέσει, καὶ κουρὰν δὲ ἐκείρετο καὶ ταύτην ἀήθη Πλάτωνι, καὶ δακτυλίους δὲ πόλλους φορῶν ἐκαλλύνετο ἐπὶ τούτῳ καὶ μωκία δέ τις ἦν αὐτοῦ περὶ τὸ πρόσωπον, καὶ ἄκαιρος στωμυλία λαλοῦντος κατηγόρει καὶ αὕτη τὸν τρόπον αὐτοῦ.* — Aelian. l. c. pg. 49.

Schamgefühls von Moral und Religion daran, dass es sich ganz plötzlich zugleich mit dem Eintritt der Geschlechtsreife einstellt; dass es allen Menschen — in allerdings sehr verschiedenem Grade — zukommt und dass viele Thiere es sehr entwickelt besitzen. Denn sie ziehen sich zur Zeit der Brunst in die unzugänglichsten Einsamkeiten zurück. Die Liebe umgiebt besonders beim Menschen instinktiv ihren Dienst mit den Schleiern des Geheimnisses, das feindliche Absicht fernhält, und erstrebt die möglichste Absonderung der Liebenden von allen anderen Individuen. Denn die Einsamkeit hat wegen Abwesenheit jeder anderen Ursache für irgend welchen Affekt — die nothwendige Folge der ganzen Versenkung in die Eine Leidenschaft, die in dem Maasse das Ich beherrscht, ja überwältigt, je tiefer jene ist. Die Grösse dieser Leidenschaft offenbart sich darin, dass die Liebenden der heroischsten Thaten fähig werden, ja oft den Tod der Trennung vorziehen. In diesem Falle vereitelt also die geschlechtliche Liebe zu Einem auserwählten Wesen geradezu jede Möglichkeit einer Fortpflanzung. Daraus erkennt man, dass die Natur beim Menschen in einem Grade wie bei keinem anderen Geschöpf auf die Wahl bei der Zeugung, also auf die Veredlung der Art, ein fast ebenso grosses Gewicht gelegt hat, als auf die Fortpflanzung überhaupt, welcher sie sonst alle anderen Interessen unterzuordnen pflegt. — Das Gleiche ergibt sich aus dem grossen Widerstande eines Paares, welches — auch wenn es selbst noch gar nicht anders gewählt hat — zu einer Verbindung gezwungen werden soll. — Darum vermag die Liebe zum erwählten Wesen nicht bloss gleichgültig gegen die Mitmenschen zu machen, sondern sogar die edelsten Bande der Sympathie zu lockern:

»Das Weib soll Vater und Mutter verlassen und dem Manne anhangen.«

Abweisend das Auge der Welt von seinen geschlechtlichen Beziehungen verhält sich deshalb der normale Mensch, weil er sie nur dem erwählten Wesen offenbart.

»Die Lotosblume ängstigt
Sich vor der Sonne Pracht,
Und mit gesenktem Haupte
Erwartet sie träumend die Nacht.«

»Der Mond, der ist ihr Buhle,
Er weckt sie mit seinem Licht,

Und ihm entschleiert sie freundlich
Ihr frommes Blumengesicht.«

Der reale Zweck des Schamgefühls und der daraus sich ableitenden Handlungen ist also:

Sicherung der Zeugung und Veredelung der Art.

Man muss nicht glauben, dass bei den Thieren keine Wahl stattfinde oder dass ein sich überlassenes brünstiges Thierpaar nothwendig sich paaren werde.

Diess wird schon dadurch bezeugt, dass bei vielen Thieren, z. B. der gewöhnlichen Haustaube die strengste Ehe besteht und dass es oft trotz Monate langen Zusammensperrens eines ungepaarten Taubenpaares nicht gelingt, es zu einer Verbindung zu bestimmen. Ich habe mich viele Jahre in ausgedehnter Weise mit Taubenzüchtung beschäftigt und die Gewohnheiten dieser Thiere belauscht. Nur ein einziges Mal hatte ich unter sehr vielen Taubenpaaren eine männliche gepaarte Taube, die, während das Weibchen brütete, den Täubinnen benachbarter Taubenhäuser Besuche abstattete, die mit den Gesetzen der Monogamie nicht in Einklang zu bringen waren. Dieses moralische Ungeheuer war auch in den auf es fallenden Pflichten der Brutpflege nachlässig, so dass die Eier häufig nicht auskamen. Nach meinen Beobachtungen brütet die männliche Taube sehr regelmässig von 10 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags, die weibliche während der übrigen Zeit, so dass auf diese stark $^3/_4$ der Pflicht fällt.

Aber auch die polygamischen Thiere zeigen häufig, dass sie sogar sehr wählerisch sind. Ich habe gesehen, dass edle Hengste, die jeden Augenblick bereit sind, edle Stuten zu decken, oft nur mit der grössten Mühe und allerlei Täuschung dazu gebracht werden können, eine gemeine brünstige Stute zu bespringen. Man errichtet dann eine Scheidewand, so dass auf der einen Seite die edle Stute, auf der anderen die gemeine unter einem Tuche verdeckt steht. Der Hengst wird nun so herangeführt, dass ihm die edle Stute in die Augen fällt. Sofort ändert sich seine Haltung und Gangart. Jeder Muskel seines Körpers spielt und niemals sieht man das Thier schöner durch Stolz, Feuer und Leben. Sobald der Hengst zur Beschälung sich anschickt, lenkt man ihn seitwärts und veranlasst durch geeignete Nachhülfe den wesentlichen Beginn des Actes mit der untergeschobenen Stute. Nun kommt es vor, und ich habe das selbst beobachtet, dass Er, den Betrug merkend, die Befruchtung doch nicht

vollzieht, sondern aufgibt, und sofort zur Stute seiner Wahl zu gelangen sucht.

Bei allen bisherigen Betrachtungen habe ich nur das Normale berücksichtigt. »Wo es sich nämlich um die Natur eines Dinges handelt, muss man die möglichst naturgemässen Erscheinungen ins Auge fassen, nicht die abnormen« (Aristoteles[1]). Denn es bleibt zu beachten, dass gerade der Mensch mehr als alle anderen Geschöpfe wegen des Kampfes um das Dasein mit seines Gleichen sich in einer Lage befindet, welche die Befriedigung der Bedürfnisse und instinktiven, oft furchtbar leidenschaftlichen Wünsche erschwert oder sogar unmöglich macht. Diess führt nicht selten zu den verschiedensten Verirrungen[2]) und Fälschungen der ursprünglich vielleicht ganz normalen Richtung der Instinkte. —

Mit dem die Zeugung regelnden normalen Instinkte steht es nun ferner in nahem Zusammenhang, dass die Thiere die Krüppel ihrer Art hassen, misshandeln, ja sogar tödten. Denn die Natur will nicht, dass neue Krüppel gezeugt werden und fördert sie nicht; ja, hat sie mit dem Fluche belegt. Sie liebt und begünstigt den Starken und Normalen in jeder Weise. Wer kann verkennen, dass auch in uns dieser instinktive auf Erzielung schöner kräftiger Art gerichtete Zug ist. Niemand vermag sich dem »Zauber« der Schönheit, Jugend und Kraft zu entziehen. Nichts erhebt die Herzen der Menschen höher als der Gedanke an ihre Helden. Jeden stösst das Kranke, Schwächliche, Verkrüppelte ab, und der Instinkt ist gegen die Förderung solcher armen Wesen und bestimmt oft genug die Handlungen der Menschen, die wohl nicht seltner durch Sympathie und Antipathie geleitet werden als durch berechnende egoistische Klugheit. —

Wie zur Sicherung des Individuums und der Art der Instinkt dem Menschen ein weiser Berather, so ist er sein erster Lehrer beim Eintritt in das Leben. Der neugeborene Mensch trinkt angelegt an Mutterbrust sofort willkürlich und mit Behagen, nicht als Reflex-

1) Aristoteles' Politik, mit erklärenden Zusätzen in's Deutsche übertragen von Jacob Bernays. Berlin 1872. I. 5. pg. 15.

2) Wer sich nur über die keineswegs die Extreme bietenden, das Zweikindersystem betreffenden Verirrungen unterrichten will, findet darüber ein von einem erfahrenen Sachverständigen — Bergeret — abgefasstes, an Beobachtungsmaterial reiches Werk, das sogar der Arzt nicht ohne Erstaunen lesen wird. Siehe Bergeret: Les fraudes dans l'accomplissement des fonctions génératrices, dangers et inconvénients pour les individus, la famille et la société. 1868.

maschine, wie die meisten heutigen Physiologen meinen. Denn wenn er satt ist, saugt er nicht. Wenn er an einer sehr milchreichen Mamma liegt, hört er bald zu saugen auf; wenn er aber wenig mit jedem Zuge bekommt, saugt er lang. Der Neugeborene saugt natürlich sofort, wenn er die Saugwarze zwischen den Lippen hat, weil ja sonst das Saugen zwecklos wäre. Oft ist aber der Trieb so stark, dass der Säugling auch zu saugen anfängt, wenn er Nichts zwischen den Lippen hat. Das erste Saugen ist so wenig eine Reflexbewegung, als der erste Flug des Schmetterlings, das erste Aufsuchen, Finden und Trinken des Honigs der Blüthen, so wenig als die erste Begattung isolirt in Gefangenschaft erzogener Päärchen. Das erste Saugen ist mit Einem Wort: eine Aeusserung des Instinkts.

Für die sorgfältigste Pflege der Neugeborenen hat die Natur durch einen anderen Instinkt gesorgt: die Mutterliebe, die darum mit solcher Gewalt die Seele der Mutter beherrscht, dass diese jeder Heldenthat und Aufopferung fähig wird. Setzt sich doch die brütende Taube sogar gegen den Menschen, der ihr Nest berühren will, mit der grössten Kühnheit zur Wehr und beisst und schlägt mit den Flügeln.

Es ist klar, dass von der Geburt bis zu dem Tode sogar der Mensch zu seinem Heile in einer viel grösseren Abhängigkeit von den Instinkten steht, als man gewöhnlich zuzugeben geneigt ist.

Darf man doch fragen, ob die »Eingebungen« künstlerischer Genie's, wie die Musik eines Mozart, in dieselbe Kategorie von Vorgängen gehören, da sie vollendet wie Athene aus dem Haupt des Zeus aus unbekannter Tiefe in das Licht des dichterischen Bewusstseins emportauchen und desshalb den Menschen von jeher übernatürlicher Abkunft zu sein schienen. Kommt solche Melodie dem Dichter nicht, wie ein liebliches, nie gesehenes Traumgesicht?

Und diese »Eingebungen«, die wie »Offenbarungen« nur Wenigen in »weihevollen Stunden« beschieden sind, unterscheiden sich von allen Gefühlen der Lust oder Unlust dadurch, dass eine Beziehung zum materiellen Vortheil oder Nachtheil des Individuums und der Art nicht zu ersehen ist. Erhabene Musik erregt eine Lust, die etwa nur dichterischer oder religiöser Begeisterung vergleichbar; denn sie ist reines Glück, ja Seligkeit.

Für alle instinktiven Handlungen der Menschen lehrt die Selbstbeobachtung, dass die psychologische Begründung in einer

durch innere oder auch äussere Ursachen bedingten Erregung der Sinnesenergieen gesucht werden muss, mit denen ähnlich wie Hallucinationen Sinnesbilder und Stimmungen von angenehmem oder abschreckendem und so den Willen bestimmendem Charakter verknüpft sind.

Wenn z. B. der Instinkt uns bei der Wahl der Speisen führt, so ist das unmittelbare Motiv die Vorstellung von der grösseren Annehmlichkeit der einen und der geringeren, ja der Widrigkeit der anderen. Diese Gefühle der Lust oder Unlust können aber bei Speisen sich offenbar nur auf die Gefühle gründen, welche Speisen als solche hervorzurufen vermögen, also auf Erregungen des Geruchs- und Geschmacks-Sinnes. Das wahre Motiv ist also die Lustempfindung bei der Erinnerung an den lang entbehrten Geschmack irgend einer lang entzogenen Speise.

Da aber fast alle überhaupt möglichen Gefühle, d. h. thätige Sinnesenergieen das Ich fortwährend wenn auch noch so leise beeinflussen, selbst ohne in der Aussenwelt wirkende objective Ursache, so ist wahrscheinlich doch nur ein subjectives Gefühl das erste Motiv, welches die Erinnerung an das Object wachruft, das dieses Gefühl der Lust in voller Stärke zu erregen vermag. Gerade diesen Gefühlen unter vielen kehrt sich die Aufmerksamkeit zu, weil das Ich immer die Lust erstrebt und die Unlust flieht.

Bei den zum ersten Male vom Individuum ausgeführten durch den Instinkt geleiteten Handlungen, wie etwa dem ersten Ausflug eines Schmetterlinges, spielt die Erinnerung natürlich keinerlei begleitende Rolle. Hier wirkt wohl primär ein durch Muskelgefühl hervorgerufener Bewegungstrieb, d. h. eine dem Bewusstsein sich offenbarende erregte Wollensenergie von bestimmter Qualität, die also auch ganz bestimmte Muskelbewegungen (Handlungen) zur Folge hat — ähnlich vielleicht wie ein Mensch Morgens nach dem Erwachen das Bedürfniss empfindet, gewisse Willensanstrengungen zu machen, deren Natur die Ursache ist, dass er seine Glieder in ganz bestimmter Weise reckt.

Es versteht sich natürlich von selbst, dass der Schmetterling, welcher der Puppe entschlüpft ist, nicht die Absicht hat, zu fliegen, so wenig als der soeben geborene Säugling zu trinken wünscht. Sie empfinden nur einen ganz bestimmten Drang, der das Gefühl der Unlust erregt, bis das Ich dagegen reagirt. Die Natur der Reaction ist von bestimmter Art und das nothwendige Werk des ganz bestimmten Dranges und hat deshalb eine ganz bestimmte Handlung

zur Folge. Von jetzt ab lernt das Ich, welche Wirkungen ganz bestimmten Anstrengungen desselben nachfolgen. Die ersten Anstrengungen aber, die ersten Willensacte also, sind vermöge der Organisation so beschaffen, wie es für die Wohlfahrt des Thieres nothwendig und förderlich ist.

---

§. 3. Das Gesetz der teleologischen Mechanik.

Indem der Naturforscher das Vernunftgemässe in der Wirksamkeit aller diese dunkeln Kräfte zu begreifen sucht, muss er, um mit Helmholtz zu reden, ausgehen von der Voraussetzung der Begreiflichkeit der Naturprocesse und für sie gelten lassen den Satz des zureichenden Grundes.

Die folgenden Erörterungen sollen einen Weg zur Erforschung der Mechanik der zweckmässigen Lebensvorgänge zu ebenen suchen.

Das »teleologische Causalgesetz«, welches ich jetzt besprechen will und trotz seiner Einfachheit bisher nicht erkannt worden ist, heisst:

„Die Ursache jeden Bedürfnisses eines lebendigen Wesens ist zugleich die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses“.

Das hier im abgeleiteten Sinne gebrauchte Wort »Ursache« ist absichtlich von mir gewählt, um die nothwendige, gesetzmässige Verknüpfung, in welcher »Ursache des Bedürfnisses« und »Befriedigung des Bedürfnisses« stehen, schärfer hervorzuheben. Correcter, aber weniger bezeichnend, würde »Veranlassung« statt »Ursache« gesagt werden.

Als Ursache des Bedürfnisses bezeichne ich jeden veränderten Zustand der lebendigen Organismen, der im Interesse der Wohlfahrt des Individuums oder der Art in einen anderen Zustand übergeführt werden muss.

Zur Erläuterung meiner Definition verweise ich auf einige Beispiele:

Speise und Trank führen den mangelhaften Zustand des Organismus zur Norm zurück.

Der Geschlechtstrieb, das Bedürfniss zur Zeugung, hat die normale Folge, dass der brünstige Zustand der Weibchen in den trächtigen übergeht.

Bei der durch Herzentzündung bedingten Entwicklung eines dauernden Fehlers, etwa einer Insufficienz der Mitralklappe ist es für die längere Erhaltung des Lebens nothwendig, dass ein zweiter

Fehler sich dem ersten beigeselle, nämlich die an sich abnorme Vergrösserung der rechten und auch linken Kammer, welche sich deshalb der Regel nach allmählig ausbildet. In diesem Falle ist das Bedürfniss: die Herstellung einer an sich fehlerhaften Beschaffenheit eines der wichtigsten Organe.

Für die praktische Anwendung unseres Principes gestattet die Erfahrung zwei Gesetze aufzustellen:

I.

„Wenn das Bedürfniss nur Einem bestimmten Organe zukommt, dann veranlasst dieses Organ allein die Befriedigung.“

II.

„Wenn dasselbe Bedürfniss vielen Organen gleichzeitig zukommt, dann veranlasst sehr häufig nur Ein Organ die Befriedigung aller.“

---

§. 4. Das erste Gesetz der teleologischen Mechanik.

Einige Beispiele mögen zunächst den ersten Hauptsatz erläutern.

Es ist bekannt, dass Gegenstände, welche deutlich gesehen werden sollen, objective, scharfe, hinreichend lichtstarke, optische Bilder auf dem Augenhintergrunde, d. h. der sogenannten Markhaut des Sehnerven entwerfen müssen. Um bei gegebener Helligkeit der sichtbaren Gegenstände diejenige der von ihnen erzeugten Bilder reguliren zu können, gestattet die Natur dem Lichte den Eintritt in das Auge nur durch das Sehloch (Pupille), welches sich durch Zusammenziehung eines Ringmuskels um so mehr verengert, je heller und umgekehrt um so mehr erweitert, je dunkler die zu betrachtenden Gegenstände sind. So wird bei sehr intensivem Lichte Blendung vermieden, bei sehr schwachem deutliche Wahrnehmung ermöglicht. Die Aufgabe bestand also darin, dem Sehloch eine der Lichtstärke entsprechende veränderliche Weite zu geben.

Nun weiss man bekanntlich, dass das Licht auf manche Zellen erregend einwirkt. Also ist eine Mechanik denkbar, in Folge welcher die das Sehloch umgebenden Zellen zu um so stärkerer Contraction von dem sie treffenden Lichte gereizt würden, je intensiver dieses wäre. Eine derartige Einwirkung scheint wirklich bei den Augen einiger Thiere zu bestehen, indem ich gesehen habe, dass von zweien aus dem Kopfe eines soeben getödteten Frosches entfernten Augen

dasjenige alsbald eine engere Pupille darbietet, welches von hellerem Lichte getroffen wird.

Das Princip der teleologischen Mechanik sagt uns aber, dass die Natur die vorgelegte Aufgabe wesentlich in anderer und in der That viel vollkommenerer Weise gelöst haben muss. Das Bedürfniss ist hier eigentlich der richtige Grad der Reizung des Sehnerven, wie er zur scharfen Wahrnehmung möglichst geeignet ist. Also muss die Reizung des Sehnerven selbst die Weite des Sehlochs reguliren. Wir beobachten desshalb, dass das stärkste Sonnenlicht die Pupille unbewegt lässt, wenn der Sehnerv erblindet ist, während unter normalen Verhältnissen jede denselben treffende Reizung sofort eine entsprechende Verengerung des Sehloches zur Folge hat. Die Mechanik des Vorganges ist bekanntlich die, dass die Endigungen der Bewegungsnerven des Schliessmuskels der Pupille und die Sehnervenendigungen im Gehirn in solchen näheren Leitungsbeziehungen zu einander stehen, dass die Erregung der Sehnervenfasern immer sofort im Gehirn auf jene bewegenden Fasern des Pupillarmuskels übertragen wird, welcher dann nothwendig das Sehloch verengt.

Der von der Natur eingeschlagene Weg zur Lösung unseres Problemes ist wesentlich schon darum so sehr viel besser als der andere von uns als denkbar aufgestellte, weil die Erregbarkeit der reizbaren Gewebe während des Lebens ganz ausserordentlich grossen Schwankungen unterliegt. Es scheint deshalb unmöglich, dass zwei qualitativ ganz verschiedene Arten lebendiger Materie, wie die Retina und die als durch Licht reizbar vorausgesetzte contractile Substanz der Umgebung des Sehlochs unter allen Umständen bei derselben Lichtstärke dasselbe Verhältniss der Reizungsgrössen darbieten. Es müssten mit andern Worten in beiden verschiedenen Geweben die Erregbarkeiten sich immer in gleichem correspondirenden Sinne ändern, was eine praestabilirte unveränderliche Harmonie verlangen würde, die es in der Natur bei unabhängig von einander bestehenden Processen nicht geben kann. Jene Aenderungen der Erregbarkeit sind aber grösser, als man gewöhnlich glaubt, wie z. B. aus folgender Erfahrung hervorgeht.

Eines Tages, als ich mich gerade mit Untersuchungen über die Phosphorescenz der todten Seefische beschäftigte, erzählte mir ein College, er habe die Entdeckung gemacht, dass die Lichtentwicklung eine periodische Erscheinung sei, da am Tage das Leuchten auch im Dunkeln absolut nicht wahrgenommen werden könne, wenn-

gleich Abends der Fisch in lebhaftem Glühen zu sein scheine. Ich bat den Collegen mit mir am Tage in das physiologische Laboratorium zu kommen. Wir begaben uns nun für länger als eine Viertel Stunde in einen gegen das Tageslicht abgeschlossenen möglichst verfinsterten Raum und stiegen dann in den dunkeln Keller, wo die Fische aufbewahrt wurden, die jetzt — also am Tage — sehr schön leuchteten.

Hat man sich besonders im Sommer einige Zeit im Freien aufgehalten, dann ist nach meinen Erfahrungen ein Aufenthalt von ungefähr einer halben Stunde in einem vollkommen finsteren Raume nöthig, bis die Retina ihre höchste Empfindlichkeit wieder erhält. Ich vermuthe indessen, dass diese Zeit bei jüngeren Individuen kürzer ist. Denn ich erinnere mich an die ausserordentliche Flüchtigkeit der Nachbilder, welche mir in jüngeren Jahren das Studium derselben wesentlich erschwerte, während ich sie jetzt ihres längeren Verharrens halber mit aller Musse beobachten kann.

Diese Betrachtungen haben also gelehrt, dass die zu starke Reizung der Sehnerven die Ursache der Verkleinerung, die zu schwache die Ursache der Vergrösserung der Reizung ist. Die Ursache des Bedürfnisses ist also die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses.

Der soeben behandelten Mechanik sind nun sehr viele bekannten Vorgänge analog.

Ein in das Auge, d. h. den Conjunctivalsack eingedrungener fremder Körper wird durch Thränenfluss und Blinzeln der Augenlieder entfernt. Was vorher der Sehnerv bewirkte, veranlasst hier der gereizte Empfindungsnerv der Schleimhaut, seine Erregung unter Vermittlung des Gehirnes auf die Absonderungsnerven der Thränendrüse und die Bewegungsnerven der Muskeln der Augenlieder übertragend. — Abermals erkennt man: die Schädigung ist die Ursache der Entfernung der Schädigung, weil diese den Empfindungsnerven erregt hat.

Durchaus dasselbe lehrt die Ausstossung eines in die Nasenhöhle, den Kehlkopf, den Magen eingedrungenen fremden Körpers durch Niesen, Husten und Erbrechen. —

Betrachten wir nun den Verdauungsprocess, so wissen wir, dass die Nahrungsmittel durch die aus den Drüsen in die Magen- und Darmhöhle ergossenen eigenthümlich zusammengesetzten Säfte chemisch geändert werden und in Folge dessen in den wässerigen

Flüssigkeiten sich auflösen. Man könnte nun glauben, es sei zweckmässig, dass die Speise in den Magen und Darm gelangend die Verdauungsäfte sorglich vorgebildet in grösserer Menge immer antreffe, damit dieser für das Leben so wichtige Process nicht länger als nöthig verzögert werde. Diesem Gedanken entsprechend, müssten die Verdauungsdrüsen entweder periodisch oder continuirlich arbeitend, täglich ein bestimmtes Maass Verdauungssaft liefern, ausreichend, um die zur Erhaltung des Körpers nothwendigen Speisen zu lösen. Das ist entsprechend dem Princip der teleologischen Mechanik keineswegs der Gedanke der Natur. Denn ein Bedürfniss zur Verdauung ist reell, nicht ideell erst vorhanden, wenn überhaupt eine Substanz in den Verdauungsorganen ist, die verdaut werden kann. Darum sondern die Magen-, die Darm- und die Bauchspeicheldrüse während der Nüchternheit, selbst wenn sie bis zum Hungertode dauert, nicht Einen Tropfen Verdauungssaft ab. Es wäre ja doch in der Zeit der Entbehrung eine nutzlos gemachte Ausgabe. Hier findet das tiefsinnige Wort des Aristoteles seine volle Berechtigung:

„ὁ Θεὸς καὶ ἡ φύσις οὐδὲν μάτην ποιοῦσιν“ [1])

d. h. „Gott und die Natur thun nichts vergeblich“.

Sobald aber der erste Bissen in den Magen hinabgelangt ist, ergiessen sich die Absonderungen reichlich in Magen und Darm. Sie ergiessen sich aber auch, wenn man, was bei bestehenden Magenfisteln möglich ist, mit einer Federfahne oder einem anderen mechanisch wirkenden Gegenstande die innere Oberfläche des Magens berührt; geradeso wie nicht bloss die in der Mundhöhle befindlichen Speisen, sondern jede Reizung der Schleimhaut des Mundes Speichelfluss reflectorisch hervorruft. Daraus folgt, dass die Speise durch Erregung der Nerven der Magen- und Darmschleimhaut den nothwendigen Saft selbst herbeilockt. Ist die Nahrung besonders reichlich, so dehnt die Masse die Schleimhaut des Verdauungsapparates stärker, belastet sie mehr und natürlich längere Zeit, weil die Auflösung kleiner Mengen schneller als die grosser sich vollzieht. Demnach bedingt die reichlichere Nahrung wegen stärkerer länger anhaltender Erregung der Schleimhautnerven stärkere und länger dauernde Absonderung. Diese Mechanik ist also genau auf das

1) Aristoteles De caelo. Lib. I. cap. IV. 8. — Aristotelis Editio Didotiana 2. pg. 372.

wechselnde Bedürfniss der Thiere und der Menschen berechnet. Denn viele Geschöpfe müssen zuweilen lange hungern und compensiren dann durch glücklichen Fang und grössere einmalige Zufuhr den stattgehabten Verlust.

Ob auch eine Mechanik existirt, welche die relative Zusammensetzung der verdauenden Secrete der verschiedenen Zusammensetzung der Speisen anpasst, wissen wir noch nicht. Nur Ein Fall kann hier beigebracht werden:

Die Trockenheit der Nahrungsmittel verlangt wasserreichere Secrete. Die trocknen Stoffe erregen, wie experimentell bewiesen ist, besonders stark die Nerven der Mundschleimhaut, welche dann auf reflectorischem, d. h. durch das Gehirn mechanisch vermitteltem Wege, die Speicheldrüsen zu energischer Absonderung veranlassen; dies Secret ist aber fast reines Wasser. Die Ursache des Bedürfnisses nach Wasser — nämlich die Trockenheit der Nahrungsmittel — hat Wasser herbeigeschafft. —

Betrachten wir die Ausstossung der Excrete — Harn und Koth — so könnte man meinen, dass nach 3—12 Stunden wiederkehrende periodische Zusammenziehungen der Blase und des Mastdarms, die etwa während des Schlafes pausirten, genügten, um die normale Entleerung zu bewirken. Denn wir kennen ja in der That viele bald in kurzen, bald in längeren Perioden regelmässig arbeitende Organe. Bei der Unregelmässigkeit in der Einnahme der Speisen und Getränke würde es dann aber vorkommen, dass die Blase und der Mastdarm sich zusammenzögen, obwohl sie leer wären, oder dass nach reichlichstem Genuss die Zahl der am Tage stattfindenden Ausstossungen nicht genügte und Gesundheit und Leben bedrohende Stauungen einträten. Wie deshalb die Natur die Arbeit nicht nutzlos thut, so liebt sie stärker zu arbeiten, als es unter gewöhnlichen Verhältnissen die Regel ist, sobald die Wohlfahrt des Körpers es einmal erheischt. Die Blase und der Mastdarm veranlassen, sobald sie gefüllt sind, deshalb und nur deshalb die durch reflectorische Nervenvermittlung bewirkte Ausstossung ihres Inhaltes. Die Ursache des Bedürfnisses also, d. h. die Füllung von Blase und Mastdarm mit Harn und Koth, ist allein die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses. — Es ist sehr interessant, dass es auch Organe gibt, welche sich deshalb durch Muskelkraft zusammenziehen, um ihren Inhalt auszustossen und es gleichwohl auch dann thun, wenn kein Inhalt vorhanden ist. Das ist der Fall bei dem ausgeschnittenen

Herzen. Hier ist aber zu bedenken, dass das Herz innerhalb des lebendigen Leibes niemals in diese Lage kommt, die also bei der Mechanik nicht berücksichtigt zu werden brauchte. —

Die Analogie mit der bis jetzt betrachteten, die Ausstossung der Excrete regelnden Mechanik, welche eine Consequenz des teleologischen Causalitätsgesetzes ist, gestattet uns auch die Motive für die Ausstossung des reifen männlichen Samens und der Begattung zu beurtheilen. Die Existenz des reifen Samens im Hoden, den die Natur zur Befruchtung reifer Eier erzeugt hat, muss also die primäre Veranlassung für die Entstehung des Geschlechtstriebes sein, den die durch den Samen gereizten Hodennerven erregen. Ob die Reizung dieser Nerven durch die wegen der prallen Füllung der Samenkanäle bedingte Spannung der männlichen Geschlechtsdrüse veranlasst wird oder dadurch, dass die Bewegungen der Samenfäden, d. h. die Schläge der Schweife derselben gegen die nervenreiche Wand der Samencanäle und der Nebenhoden irritirend wirken, lässt sich mit Bestimmtheit nicht angeben. Gerade in diesem Falle könnte man der Meinung sein, dass periodisch das ganze Geschlechtsleben erwache, Samenbildung und Geschlechtstrieb also zwei coordinirte Erscheinungen seien. Denn es ist allerdings, worüber ich umfangreiche Ermittelungen angestellt habe, schwerlich zu leugnen, dass in zeugungsfähigem Alter castrirte Männer den Beischlaf vollziehen. Es hat sogar in Italien öffentliche Häuser gegeben, in denen Castraten zur consequenzlosen Befriedigung ausschweifender Weiber gehalten worden sind[1]). — Zur Erklärung dieser merkwürdigen That-

1) Diese auf die Castraten bezüglichen, wohl Vielen auffallenden Bemerkungen gründen sich auf mein Studium der gesammten Literatur, auf die Erkundigungen, welche Prof. F. Boll und Dr. Giuseppe Colasanti in Rom für mich gütigst eingezogen haben und mögen noch in folgender Quelle eine wesentliche Stütze finden:

„On this, Moyon, to whom I am indebted for many facts on the subject, makes the following observations, which I leave in the original Italian. (S. Alexander Walker. Intermarriage. London 1838. pg. 34.)

„E riconosciuto che l'uomo castrato, benchè sterile, è peraltro suscettivo di gustare in parte i piaceri del coito, purchè non gli sieno state amputate tutte le parti esterne della generazione. Ciò che gli rimane non acquista che pochissimo accrescimento, restando presso a poco nello stato in cui era prima dell' operazione. Un fanciullo mutilato all' età di sei anni, si trova a diciotto anni, per ciò che spetta al pene, nella stessa condizione di quella sua prima età. Coloro al contrario che hanno sofferto l'operazione all' epoca

sache muss man sich erinnern, dass die Wollustempfindung durch Reizung bestimmter Nerven hervorgerufen wird. Wie nun nach Entfernung beider Augen Reizung des Sehnerven noch Lichtempfindung erzeugt, ja wie der centrale Gesichtssinn dem Blinden noch Gesichtsbilder zeigt, so kann nach Wegnahme des Hoden Reizung der Geschlechtsnerven noch Wollustgefühl und die Erinnerung Erregungen des Wollustsinnes veranlassen mit den sich hieran knüpfenden Folgen. Dass diess gerade beim Menschen so auffallend hervortritt, liegt in der Lebhaftigkeit seiner Phantasie, seinem starken Gedächtniss und der reichen Entwicklung seiner seelischen Kräfte überhaupt. — Denn bei den Thieren wird Derartiges sehr selten und dann gewöhnlich nur ganz kurze Zeit nach der Castration

---

della pubertà ed anche più tardi, hanno la verga press'a poco come quella degli altri uomini, e capace di erezione più durevole ed anche più ripetuta che nei non castrati.

„Giovenale rimprovera alle Romane i loro eccessi con gli eunuchi.

Sunt quos eunuchi imberbes ac mollia semper
Oscula delectent, et desperatio barbae,
Et quod abortivo non est opus.

„Rainaud, nel suo libro de Eunuchis, narra molti esempi di commercio impuro tra donne e uomini mutilati; ed egli si ride della confidenza che molti hanno in costoro. Andrea de Verdier dice la stessa cosa, appogiando la sua opinione alle sentenza di Apollonio Tianeo contro un eunuco del re di Babilonia che fu sorpreso a letto nelle braccia d'una favorita del re stesso.

„Mi è noto, dice P. Frank, un luogo populato in cui quattro castrati s'arrischiavano ad imprese che non avrebbero tentate nello stato loro naturale, ed in cui una parte del bel sesso non senza grave scandalo e pregiudizio aveva seco loro stretta tal pratica, che il governo non potè più lungamente dissimularla.

„Non potendo soddisfare che al desiderio della carne, alla semplice sensualità, alla lussuria, alla dissolutezza, essendo nell' assoluta impossibilità di procreare, essi divengono più propri ai delitti che gli uomini perfetti; e sono più ricercati dalle donne depravate, giacchè loro danno il piacere del matrimonio senza ch'esse ne corrano il rischio. Essi emettono con qualche poco di voluttà un umore mucoso che probabilmente è segregato dalla prostata.

„Amurat III. essendosi avveduto che un cavallo castrato copriva una giumenta, fece tagliare ai suoi eunuchi, rientrando nel serraglio, tutte le parti esterne della generazione. Vi è chi pretende che sia da quell' epoca, che, oltre i testicoli, si taglia ancora la verga agli uomini destinati per la custodia de' serragli."

beobachtet. Wir wissen vielmehr, dass allgemein bei ihnen jede Spur des Geschlechtstriebes verschwindet, wenn sie in ihren Hoden keinen Samen bilden und wenn ihnen in früher Jugend die Geschlechtsdrüsen vollkommen — d. h. ohne Rücklassung irgend eines Stückchens normaler Hodensubstanz — entfernt worden sind. — Ich möchte deshalb übrigens hier noch die Thatsache betonen, dass in der gesammten Literatur nicht Ein Fall verzeichnet ist, bei dem mit wissenschaftlicher Sicherheit das Vorhandensein länger andauernden Geschlechtstriebes und die Ausübung der Begattung bei einem solchen menschlichen Castraten erwiesen wäre, der bestimmt auch nicht einen kleinen Rest von normaler Hodensubstanz besessen hätte. Bei vielen ist dies sicher der Fall und nach den angewandten Operationsmethoden sehr begreiflich.

Ich trage demnach kein Bedenken, in der Gegenwart des Samens die normale Ursache der Begattung zu suchen. —

Der von mir aufgestellte Satz, dass die lebendige Zelle den Zustrom des Sauerstoffs zu sich selber regulire, ist eine einfache Folgerung aus dem Princip der teleologischen Mechanik. — Die verschiedenen Organe haben ein verschiedenes Sauerstoffbedürfniss und dasselbe Organ nicht das Gleiche zu jeder Zeit. Deshalb muss das Organ selbst die Befriedigung seines Bedürfnisses veranlassen. Je mehr Sauerstoff von dem Organe verbraucht wird, um so mehr verarmt es daran; desto mehr wächst die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt des Organes und des Blutes; desto mehr also der Sauerstoffdiffusionsstrom aus dem Blut nach dem Organe. Je mehr Sauerstoff aber das Blut auf diese Weise in den Capillaren des grossen Kreislaufs verliert, desto mehr muss es in den Lungen wieder aufnehmen, weil es sich hier eben immer annährend sättigt, falls nicht die Reduction abnorm weit vorgeschritten ist. Also der Verbrauch ist die Ursache des Wiedergewinnes des Verlorenen — oder die Ursache das Bedürfnisses selbst, d. h. der Mangel veranlasst die Befriedigung. —

Dies führt uns leicht zur Erkenntniss, dass, wenn eine Zelle durch starke Arbeit Stoff und Kraft verbraucht hat, abermals der Verlust die Ursache des Wiedergewinnes sein muss. Diejenigen Stellen, wo aus dem Gebäude der lebendigen Organisation Bausteine ausgetreten sind, werden also mit starken Anziehungen begabt sein, welche sie zur Wiedereinfügung neuen Nährmateriales befähigen. Es ist aber eine Thatsache, dass bei grösserem Verluste in Folge

verstärkter Arbeit solche Bedingungen entstehen, denen zufolge immer etwas mehr wieder gewonnen wird als verloren ging. Denn der anhaltend stärkere Gebrauch des Organes lässt dasselbe an Masse und Kraft zunehmen.

Deshalb werden Muskeln durch grössere Arbeit umfangreicher und bedeutenderer Anstrengung fähig. Das Bedürfniss nach grösserer Arbeitskraft hat diese zur nothwendigen Folge. —

Ein Muskel leistet bei gleicher Reizung innerhalb weiter Grenzen um so grössere Arbeit, je grösser die Belastung desselben genommen wird. Hat also auch der Nerv dem Muskel eine zu schwache Anregung zur Thätigkeit gegeben, so gleicht das der Muskel dadurch aus, dass er sich ganz von selbst stärker anstrengt, wenn die zu hebende Last grösser ist. Dies muss darin liegen, dass der am Muskel ausgeübte stärkere Zug die Molecularabstände in der contractilen Substanz ändert, so dass vielleicht die Uebertragung des intramolecularen Sauerstoffs von Molecül zu Molecül erleichtert ist.

Wenn also bei pathologischen Störungen der Blutcirculation, in Folge deren der Blutdruck im Aortensystem abnorm hoch ist, die linke Herzkammer unter stärkere Belastung geräth, leistet sie sofort bei jeder Zusammenziehung grössere Arbeit. Analog verhält sich die rechte Herzkammer, wenn eine Stauung im Gebiet des Lungenkreislaufs etwa in Folge einer Verengerung des ostium venosum sinistrum vorliegt. Die nothwendige Folge dieser dauernd gesteigerten Arbeit ist abnorme Zunahme der Muskelmasse der betreffenden Herzkammer, welche sich auf diese Art mit mathematischer Nothwendigkeit der vergrösserten Arbeit accomodirt.

Bei der allgemeinen Accomodation der Herzarbeit an die Grösse der jeweilig zu überwindenden in der Zeit veränderlichen Widerstände spielt auch das Nervensystem eine wichtige Rolle. Die näheren Bedingungen der Mechanik der Herzaccomodation zu studiren ist eine der schönsten Aufgaben zukünftiger physiologischer Forschungen. —

Wenn man eine Niere ausschneidet, werden die Stoffe im Blute, welche aus den anderen Organen stammen und früher beiden Nieren übergeben wurden, nun nicht mehr so schnell aus dem Blute fortgeschafft, also die Eine Niere längere Zeit gereizt und zu grösserer Arbeit gezwungen. Sie nimmt in Folge dessen wie der Muskel an Masse zu, wird »hypertrophisch« und compensirt den Verlust. Also Mangel an Nierensubstanz hat Zuwachs an Nierensubstanz erzeugt.

In analoger Weise erklärt sich vielleicht, warum die Lymphdrüsen an Masse und Pigment zunehmen, wenn die Milz exstirpirt worden ist. Denn die Milz ist eine Pigment bildende modificirte Lymphdrüse.

Wenn es wahr ist, dass die Bauchspeicheldrüse, dieses hochwichtige Verdauungsorgan, zur Verödung gebracht werden kann, ohne Störung der Verdauungsprocesse, so folgt daraus, dass die anderen analog wirkenden Verdauungsdrüsen die Arbeit der in Wegfall gekommenen Bauchspeicheldrüse ebenfalls compensatorisch übernehmen. Die Mechanik für diese Vertretung ist unbekannt.

Starke mechanische Insulte, welche die Haut des Menschen treffen, die hiergegen wegen der Dünne der Epithelfallage nicht hinreichend geschützt ist, bringen Reizungen der Epithelzellen hervor. Reizung bedingt Kraft- und Stoffverbrauch und dieser stärkeren Wiederersatz. So wachsen die Epithelien; es entstehen Schwielen von oft colossaler Mächtigkeit. Das Hühnerauge zeigt uns ein Beispiel dieses auf Irrwege gerathenen Principes.

Bei dem Schmiede, dessen rechter Arm eine mächtige Entwicklung der Knochen, Muskeln, Blutgefässe u. s. w. darbietet, dürfte die durch den Stoss des schweren Hammers bedingte mechanische Erschütterung sowie die gewaltige an den Knochen zerrende Muskelarbeit eine analoge Erklärung der Accomodation des Arms an die gesteigerten Bedürfnisse nahelegen: Reizung — Verlust — verstärkter Wiedergewinn des Verlorenen sind die Glieder der causalen Kette. — So erklärt sich auch die bei männlichen Ballettänzern oft ungeheure Entwicklung der unteren Extremitäten bei geradezu kümmerlich entwickeltem Oberkörper, was ich selber beobachtet habe.

---

§. 5. Das zweite Gesetz der teleologischen Mechanik.

Ich wende mich zur Erläuterung des zweiten Gesetzes der teleologischen Mechanik.

Wenn man einem Menschen oder Thiere für längere Zeit die Nahrung entzieht, so leiden alle Zellen unter demselben Umstande und müssen auf Kosten ihres eigenen Leibes leben. Besonders Ein Nerv, wie man glaubt der Vagus oder dessen Centralorgan im verlängerten Marke, bringt den geschädigten Ernährungszustand seiner

Selbst zum Bewusstsein unter der Form des Hungergefühls, welches die Aufnahme der Speisen zur nothwendigen Folge hat. Also der Mangel ist die Ursache der Beseitigung desselben.

Dasselbe gilt für den Wassermangel der Gewebe des Organismus. Ein Nerv tritt für Alle Bestandtheile des Körpers als Helfer auf, indem er seinen eigenen Wassermangel dem Bewusstsein als Durst offenbart. —

Wenn wir nunmehr zu der Erörterung der Athembewegungen übergehen, deren Zweck darin liegt, die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe in den Lungen zu ermöglichen, so scheint es, als ob diesem Bedürfnisse dadurch genügt werden könne, dass das Athemcentrum im verlängerten Marke vermöge seiner Organisation gleich den motorischen Centren des Herzens zu periodischer continuirlicher Arbeit gezwungen sei, hinreichend stark, um den Gasaustausch in den Lungen möglich zu machen. Man erkennt sogleich, dass diese Mechanik mit unserem Principe im Widerspruche steht. Denn in der That kommen oft genug Fälle vor, wo die Athembewegungen bis auf das Aeusserste des Möglichen angestrengt werden, um den normalen Ablauf der Lebensprocesse zu gewährleisten. In anderen Fällen wie beim Embryo im Mutterleibe oder bei der sogenannten Apnoë, wo dem Athembedürfniss vollkommen genügt ist, können die Athembewegungen ganz entbehrt werden und hören deshalb wirklich auf. Eine Mechanik also, welche nicht auf das sehr schwankende Bedürfniss berechnet wäre, würde in dem Einen Falle zu viel, also unnütze, im anderen Fall zu wenig, also die Erstickung nicht verhindernde Arbeit zur Folge haben. Existirte trotzdem jene unzweckmässige Mechanik, dann würde der Mensch und das Thier instinctiv jede Handlung vermeiden, welche ein grösseres Athembedürfniss zur Folge haben könnte. Die Leistungsfähigkeit wäre aber bedeutend herabgesetzt.

Die Athembewegungen werden also durch das Bedürfniss in erster Linie regulirt. Dieses Bedürfniss heisst: Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe. Da nun Sauerstoffverbrauch und Kohlensäurebildung nicht in einem constanten Verhältnisse stehen, so ist es von vorne herein wahrscheinlich, dass jedes der beiden Momente fur sich die Regulation der Athembewegungen veranlasst.

Wenn wir also den Athem anhalten oder Stickstoff athmen oder wenn der Neugeborene soeben den Mutterleib verlassen hat, fahren alle Gewebe fort, Sauerstoff zu verbrauchen, bis der im Körper vor-

handene Vorrath auf die Neige geht, also das Leben aller Zellen bedroht ist. Abermals treten bestimmte Zellengruppen als Helfer auf für ihre Schwesterzellen. Der in Folge des Sauerstoffmangels bedingte veränderte chemische Zustand hat eine heftige Erregung der Nervenzellen des Athemcentrums zur nothwendigen Folge, welche ihrerseits wieder die Athembewegung veranlasst. Also Sauerstoffmangel erzeugt Zufluss von Sauerstoff.

Die Ansicht, derzufolge Sauerstoffmangel die Athembewegungen errege, wird wesentlich durch Wilhelm Müller[1]) (Ludwig's Laboratorium) und mich vertreten[2]), ist aber nicht unbestritten. Traube[3]), der in der Kohlensäure das die Athembewegungen im Gange haltende Moment erkennen wollte, machte nach dem Vorgange Thiry's[4]) den Einwand[5]), dass bei Sauerstoffmangel die Kohlensäure aus dem Blute nicht oder schwieriger austreten könne, weil der eingeathmete Sauerstoff in den Lungen vielleicht durch chemische Vermittlung austreibend auf die Kohlensäure wirke. Ich zeigte durch Blutgasanalysen, dass das Blut eines Hundes, den man Stickstoff athmen lässt, in Folge der dann eintretenden heftigen Athembewegungen sich sehr vollkommen seiner Kohlensäure entledigt. Obwohl solches Blut dann viel ärmer an Kohlensäure als normales Blut sein kann, treten die Erstickungserscheinungen genau so ein, als ob man die Luftröhre zugebunden hätte, einfach weil der Mangel an Sauerstoff die wesentliche Ursache ist. L. Traube erklärte

---

1) Wilhelm Müller aus Erlangen. Beiträge zur Theorie der Respiration. Sitzungsberichte der mathem.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. 1858. Bd. XXXIII. pg. 99.

2) Wenn ich mich hier nenne, wo noch andere Forscher zu nennen wären, glaube ich ein Recht dazu zu haben:

a) weil ich mit Wilhelm Dohmen zuerst die wahre Beziehung der Athemgase zu den Athembewegungen erkannt habe: Sauerstoffmangel und Kohlensäureanhäufung sind beide und jedes einzeln die Ursache der Athembewegungen;

b) weil ich zuerst den entscheidenden Beweis, durch Blutgasanalysen, geliefert habe, dass Dyspnoë entsteht durch Kohlensäureanhäufung ohne Sauerstoffmangel und ebenso durch Sauerstoffmangel ohne Kohlensäureanhäufung im Blute.

3) Ludwig Traube, Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie. Berlin 1871. Bd. I. pg. 288. 336.

4) Thiry, in Recueils des travaux de la société allemande de Paris. Paris 1865.

5) L. Traube a. a. O. Bd. I. pg. 464.

darauf ausdrücklich, dass er wegen meiner Versuche den mit Thiry erhobenen Einwand zurückziehe und erkannte also Sauerstoffmangel und Kohlensäureanhäufung als Erreger der Athembewegungen an. (Beiträge I. pg. 468.) Traube hat auch hierdurch die Reinheit seiner wissenschaftlichen, nur die Wahrheit suchenden Gesinnungen bezeugt.

Zur Rettung der von Ludwig Traube selbst aufgegebenen Theorie versucht nun Ludimar Hermann[1]) einen neuen Einwand gegen meinen Versuch geltend zu machen. Der Sauerstoffmangel erzeugt nach der Ansicht des Letzteren eine so ungeheure Steigerung der Erregbarkeit des nervösen Athemcentrums, dass Kohlensäuremengen, die sonst kaum eine Erregung bedingen, nunmehr ausreichen, um die heftigsten, selbst zum Tode führenden Erstickungserscheinungen hervorzurufen. Um also nicht zugeben zu müssen, dass Sauerstoffmangel die Nervensubstanz des Athemcentrums errege, sieht er sich gezwungen, doch eine tiefgreifende Aenderung dieser Nervensubstanz einzuräumen, die sich durch eminent gesteigerte Erregbarkeit kundgibt.

Nach allen anderen Erfahrungen darf man aber schliessen, dass ein Umstand, welcher die **Erregbarkeit** der Nervensubstanz schnell und bedeutend **steigert**, auch gleichzeitig **erregt**. Das unterliegt schon deshalb keinem Bedenken, weil alle lebendige Nervensubstanz sich fortwährend im Zustande der Erregung befindet. Das bezweifle ich nicht einmal für den ausgeschnittenen Nervus Ischiadicus eines frischen Nervmuskelpräparates vom Frosche, wenn auch die Reizung nicht so stark ist, dass der Muskel sich sichtbar zusammenzieht. Daraus erkläre ich, warum ein Musculus Gastroknemius, an dem ein langer Ischiadicus hängt, schneller seine Erregbarkeit verliert, als wenn der Nerv kürzer wäre. Denn der längere hat mehr Erregungen dem Muskel zugeführt und deshalb rascher den Verbrauch seiner Spannkräfte veranlasst. Die Schulausdrücke: Ruhe und Thätigkeit der Nerven beziehen sich in Wahrheit nur auf Gradationen desselben Zustandes.

Wenn man an einem sehr stillen Orte in irgend welcher Lage des Kopfes und Körpers die Aufmerksamkeit dem Gehörsinne zuwendet, hört man immer ein gleichbleibendes leises Klingen, das, wenn man es objectivirt, aus sehr weiter Ferne zu kommen scheint. Ich habe — beiläufig bemerkt — an meinen Ohren niemals irgend

---

1) Ludimar Hermann. Zuletzt im Grundriss der Physiologie. Aufl. 5. Berlin 1874, pg. 156.

eine Krankheit gehabt oder irgend eine Abnormität bemerkt. Herr Dr. Oertmann hat sich auf mein Ersuchen ebenfalls von dem Vorhandensein jenes Klingens überzeugt und hört nach der mir gemachten Beschreibung offenbar dasselbe wie ich. Er hatte es vorher nie bemerkt.

Was für das Gehör, gilt ebenso für das Gefühl. Man lege seinen Körper möglichst bequem, so dass die Füsse und Hände mit Nichts als Luft in Berührung seien, die weder das Gefühl von Wärme noch Kälte erzeuge. Nun richte man am besten bei geschlossenen Augen seine Aufmerksamkeit auf bald diesen bald jenen Finger, bald diese bald jene Zehe des Fusses, bald auf die rechte, bald auf die linke Seite. Das ist ein sonderbarer Versuch: ähnlich wie beim successiven Betrachten der verschiedenen Theile eines Gemäldes scheint jedesmal, beim Uebergang der Aufmerksamkeit von einem Glied zu einem anderen, im Bewusstsein das bisher beachtete Glied zu verschwinden, um dem neuen Platz zu machen, das sich jetzt durch den vollen Fluss der Empfindung sehr deutlich der Wahrnehmung darstellt. Ich bemerkte, dass manche Glieder sich leichter dem Bewusstsein auf Wunsch präsentiren als andere, so z. B. leichter Daumen, Zeige- und kleinster Finger; am schwersten der Ringfinger.

Aehnlich wenn auch schwächer wie der Gehörnerv und die Empfindungsnerven der Haut wirken fortwährend fast alle Organe, wobei sehr merkwürdig ist, dass diese Empfindungen zugleich die wenn auch nicht sehr bestimmte Vorstellung der Oertlichkeit veranlassen, von der sie ausgehen. Warum wir Schmerz erzeugende krankhafte Zustände in den Gedärmen richtig in den Unterleib, Affectionen der Pleura richtig in die Brusthöhle, Reizungszustände der Meningen des Gehirns richtig in den Kopf verlegen, ist nicht genügend durch die Berufung auf die Erfahrung erklärt. Hier liegt eine sehr verwickelte Erscheinung vor.

Zu den am schwächsten das Bewusstsein während der Abwesenheit äusserer adäquater Reize beeinflussenden Nerven scheint der Geruchs- und Geschmacksnerv zu gehören.

Für die centrifugalen Nerven ist der Tonus bei Vielen wie z. B. den Gefässnerven sehr stark und wahrscheinlich bei Allen vorhanden.

Aus diesen Thatsachen folgt:

Bei möglichster Abhaltung von der Aussenwelt kommender Reize verbleibt in den Nerven ein erregter

Zustand, welcher das Endorgan in derselben aber schwächeren Weise beeinflusst, wie es auch in Folge der adäquaten (normalen) Reize geschieht.

Der Gehörnerv in der Stille vermittelt also **leises** Klingen, die Haut und andere Organe ohne äussere Reize **schwache** Gefühle. Das sind **qualitativ** dieselben Gefühle, wie sie auch dort Töne, hier **äussere** die Haut und Organe treffende Reize auslösen.

Das Sehorgan liefert ein wunderbar schönes Beispiel, bei dem ich zugleich, um es zu erklären, etwas verweilen muss. Wenn wir die Augen schliessen, macht sich auf dem dunkeln Grunde des Sehfeldes ein schwacher Lichtnebel, das sogenaunte „Lichtchaos", „Lichtstaub des dunkeln Sehfeldes" oder „Eigenlicht der Retina" bemerkbar, welches allgemein als durch „innere Reizung" bedingt angesehen wird, d. h. als der letzte Rest der auch ohne objectives Licht übrig bleibenden Erregung des Sehnerven. So wird das Verhältniss auch von Helmhöltz[1]) aufgefasst. Dieser Forscher ist ferner der Ansicht, dass es bei den Nachbildern eine wichtige Rolle spielt[2]). Soweit ist die Thatsache einfach, wie bei den bisher betrachteten Erscheinungen.

Bei dem Auge kommt aber ein ganz erstaunliches neues Moment hinzu, welches der Erklärung grosse Schwierigkeiten bietet, das ist das Schwarz. Das Schwarz betrachtet man als den Ausdruck der Ruhe des Opticus, und auch Helmholtz spricht sich in diesem Sinne in folgenden Worten[3]) aus:

»Wir wollen im vorliegenden Paragraphen, also hauptsächlich aufsuchen, welche Empfindungen entstehen, wenn die von vorausgegangenem hellen Lichte afficirte Partie der Netzhaut von anderem äusseren Lichte getroffen wird. Ich bemerke jedoch gleich, dass auch ein Theil der Erscheinungen hierher gezogen werden muss, welche im scheinbar dunkeln Gesichtsfelde erscheinen, **weil es nämlich in Wirklichkeit kein absolut dunkles Gesichtsfeld giebt, vielmehr auch bei vollständigem Ausschluss alles äusseren Lichtes doch immer noch eine gewisse schwache Reizung der Netzhaut durch innere Einflüsse bestehen bleibt**, welche das schon im § 17 erwähnte Lichtchaos oder Eigenlicht des dunkeln Gesichtsfeldes hervorbringt."

1) H. Helmholtz: Physiologische Optik, 1867, pg. 201.

2) H. Helmholtz: Physiologische Optik, pg. 201.

3) H. Helmholtz: Physiologische Optik, pg. 357.

Daraus folgt also, dass nach Helmholtz „ein absolut dunkles“, d. h. absolut schwarzes Gesichtsfeld eintreten würde, wenn es möglich wäre, jene nach Ausschluss alles äusseren Lichtes noch übrig bleibende, schwache, durch innere Einflüsse bedingte Reizung des Sinnesorgans zum Verschwinden zu bringen.

Nun bezeichnet Helmholtz ferner mit Recht das Schwarz als eine positive Empfindung. Denn er sagt[1]):

„Das Schwarz ist eine wirkliche Empfindung, wenn es auch durch Abwesenheit alles Lichtes hervorgebracht wird. Wir unterscheiden die Empfindung des Schwarz deutlich von dem Mangel aller Empfindung. Ein Fleck unseres Gesichtsfeldes, von welchem kein Licht in unser Auge fällt, erscheint uns schwarz, aber die Objecte hinter unserem Rücken, von denen auch kein Licht in unser Auge fällt, mögen sie nun dunkel oder hell sein, erscheinen uns nicht schwarz, sondern für sie mangelt alle Empfindung. Bei geschlossenen Augen sind wir uns sehr wohl bewusst, dass das schwarze Gesichtsfeld seine Grenze hat, wir lassen es keineswegs sich hinter unseren Rücken erstrecken. Nur diejenigen Theile des Gesichtsfeldes, deren Licht wir wahrnehmen können, wenn solches vorhanden ist, erscheinen schwarz, wenn sie kein Licht aussenden.“

Da das Phänomen des schwarzen Gesichtsfeldes zu den complicirtesten und paradoxesten Thatsachen der speciellen Nervenphysiologie gehört, dürften folgende Bemerkungen gerechtfertigt erscheinen, in denen ich einige für die Optik, so viel ich weiss, neue Gesichtspunkte zur Sprache bringen will.

Jede Empfindung setzt eine Thätigkeit des Sinnesorganes voraus, dessen Empfindung sie ist. Wir sind aber gewohnt zu sehen, dass alle Thätigkeiten des Sinnesorganes immer erzeugt werden können durch Reizung der wesentlichen Nerven dieses Sinnesorganes. Hier haben wir aber die wunderbare Thatsache, dass diejenige Thätigkeit des Sinnesorganes der Augen, welche die Empfindung des Schwarz erzeugt, niemals durch Reizung des Sehnerven erzeugt werden kann, sondern im Gegentheil vernichtet wird. Denn die Reizung des Sehnerven verscheucht das Schwarz um so entschiedener, je stärker sie ist, und an Stelle des Schwarz erscheinen Licht und Farben.

Um dieser Paradoxie zu entgehen, könnte man auf den Ge-

---

1) Helmholtz, Physiologische Optik, pg. 281.

danken kommen, Schwarz und Weiss seien beide durch denselben Erregungszustand des Opticus bedingt; es handle sich nur um sehr bedeutende Unterschiede in der Stärke dieses Erregungszustandes, welche vom Bewusstsein verschieden empfunden würden. Man könnte sich hierbei berufen auf die Wahrheit, dass es überhaupt kein absolutes Schwarz gebe, welches je nach der Erregbarkeit der Retina und dem simultanen oder successiven Contrast bei Vergleichung mit helleren und dunkleren Theilen des Gesichtsfeldes bald mehr bald weniger Tiefgrau sei. Es liesse sich hierfür noch geltend machen, dass die Qualität aller Farbenempfindung sich mit der Helligkeit der Farbe ändere. Es ist aber sofort einzuwenden, dass es sich nach der Theorie von Thomas Young und Helmholtz bei jener mit der Helligkeit veränderlichen Qualität der Empfindung nicht um ein Mehr oder Weniger desselben Erregungsprocesses handelt.

Auf die complementären Nachbilder, die wichtige Beiträge in dieser Frage liefern werden, will ich wegen der vielfachen thatsächlichen Unsicherheiten nicht eingehen.

Alle diese Erklärungsversuche scheitern daran, dass die Empfindung Schwarz ceteris paribus um so stärker wird, je kleiner die Reizung des Opticus ist.

Man muss also Weiss und Schwarz, wie es auch alle Menschen thun, als zwei verschiedene Dinge betrachten, als Gegensätze, welche nicht auf denselben, sondern verschiedenen Erregungszuständen des Sinnesorganes beruhen. Für diese Auffassung will ich nun auf eine wichtige Beziehung hinweisen, die merkwürdiger Weise noch Niemand bemerkt hat.

Das Auge ist nach den Lehren der Entwicklungsgeschichte ein modificirtes Stück der äusseren Haut. Nun besitzen alle Sinnesorgane zweierlei Arten centripetaler Nerven nämlich erstens: die allen Theilen des Körpers überhaupt zukommenden Gefühlsnerven und zweitens: specifische nur diesem Sinnesorgane und keinem anderen Organe zukommende Sinnesnerven.

Die Gefühlsnerven der Haut, die wahrscheinlich mit den Tastnerven identisch sind, bilden die erste allgemeine Gruppe; die der Haut specifisch zukommenden Sinnesnerven sind aber die zur Wahrnehmung der Wärme bestimmten: die Temperaturnerven. Denn Gefühl hat jedes Organ, Temperaturempfindung aber die Haut allein. Sowie strahlende Wärme und Licht specifisch dieselben physikalischen Vor-

gänge sind, so sind Sehnerven und Temperaturnerven die phylogenetisch analogen Sinnesnerven. Also die Wärmeempfindung entspricht der Lichtempfindung und die Abwesenheit der Wärme erzeugt das Gefühl der — Kälte. Also Kalt ist das Schwarz des Hautsinnes. Wie Jenes durch Abwesenheit resp. Verringerung von Wärme, so wird Dieses durch Abwesenheit resp. Verringerung von Licht erzeugt. Auch hier haben wir dieselben Gegensätze so sehr, dass das Gefühl der Wärme das der Kälte ganz ausschliesst, und dass das Gefühl des Kalten um so energischer wird, je geringer die Anregung durch Wärme ist. Auch hier macht sich der merkwürdige Einfluss des simultanen und successiven Contractes sehr stark geltend. Da nun starke Erregung der Sehnerven immer das Schwarz verscheucht und stärkere Erwärmung der normalen Haut immer die Kälte, Weiss das Schwarz, Warm das Kalt ausschliesst, so wird es sehr wahrscheinlich, dass je dieselbe Sinnessubstanz im Gehirn das Gefühl von Beiden erzeugt, die sich einander ausschliessen, weil sie je zwei verschiedene Zustände derselben Substanz sind.

Demnach befindet sich das Centralorgan des Gesichts- und Temperatursinnes in stetiger Erregung, welche bei Abwesenheit äusserer Reize die Empfindung von Schwarz und Kalt, bei Anwesenheit derselben die von Licht und Wärme erzeugt. Man hat sich also zu denken, dass die Natur der Zersetzungen und Schwingungen der Atome im Centralorgane sich ändert, sobald die Innervation durch den Sinnesnerven es erregt.

Wenn, wie ich gefunden habe, Vielen, selbst exacten Naturforschern die Ansicht von Helmholtz, dass Schwarz eine wirkliche Empfindung sei, nicht einleuchten wollte, so werden sie die Richtigkeit der Lehre dieses grossen Philosophen nicht mehr bezweifeln, wenn sie, an obige Analogie denkend, zugeben müssen, dass Kalt wohl eine Empfindung ist.

Die bis dahin mitgetheilten Betrachtungen mögen genügen, dem Satze, dass es im Nervensysteme eines lebendigen Körpers keine absolute functionelle Ruhe giebt, die hinreichende Begründung zu sichern. Die Wärme zersetzt die lebendige Substanz continuirlich und erhält sie in Erregung. Die »Spaltungsgeschwindigkeit« ist immer vorhanden, und wächst bei der Innervation bedeutend. Die Erregbarkeit steigern heisst die »Spaltungsgeschwindigkeit«, also auch die Reizung vermehren, folglich auch Reizen!

Es giebt aber noch einen anderen Gesichtspunkt, welcher gegen

die Theorie von Ludimar Hermann ins Gewicht fällt. Diese würde nur dann zu einer plausiblen Mechanik führen, wenn Sauerstoffverbrauch und Kohlensäurebildung parallel liefen. Je nach der Natur der Nahrungsmittel und den physiologischen Zuständen kommt es aber nicht bloss vor, dass der Sauerstoffverbrauch wächst, und die Kohlensäureproduction abnimmt, sondern auch, dass die letztere steigt, während der erstere sinkt. Ebenso können beide Werthe sich in gleichem Sinne aber nach verschiedener Proportion ändern. Es ist also nicht einzusehen, wie der Sauerstoffmangel, der doch zunächst nur durch den Sauerstoffverbrauch bedingt ist, die Erregbarkeit des Athemcentrums jedesmal gerade so viel steigern soll, dass die von diesem Sauerstoffmangel ganz unabhängige Kohlensäurespannung nun gerade so stark die Athembewegungen anregt, wie es für den jeweiligen Sauerstoffverbrauch am vortheilhaftesten ist. Denn bei gleichem Sauerstoffmangel kann doch die Kohlensäurespannung grösser und kleiner sein. Wenn z. B. die Kohlensäureproduction ab-, der Sauerstoffverbrauch aber zunähme, so könnte es sich ereignen, dass die Energie der Athembewegungen sich gar nicht änderte, ja sogar abnähme. Denn wenn auch die stärkere Reduction des Blutes, d. h. die durch den grösseren Verbrauch bedingte grössere Verarmung an Sauerstoff eine Steigerung der Erregbarkeit des Athemcentrums bedingte, so könnte gleichzeitig die Kohlensäurespannung so bedeutend gesunken sein, dass in Folge der Abnahme des reizenden Agens keine Steigerung, sondern eine Verringerung der Erregung des Athemcentrums eintreten müsste. In einem solchen Falle verlangt die Kohlensäure freilich keine Steigerung der Athembewegungen, wohl aber der Sauerstoff.

Ich meine also, dass, weil Sauerstoffabsorption und Kohlensäureausscheidung zwei unabhängig von einander in der Zeit sich ändernde Bedürfnisse sind, eine besondere Mechanik für jedes einzelne dieser Bedürfnisse bestehen muss. Schon Aristoteles[1]) hat diesem Gedanken in den Büchern über Politik einen wunderbar scharfen Ausdruck gegeben: »denn Nichts schafft die Natur in ärmlicher Weise, wie die Messerschmiede das delphische Messer, sondern zu je einem Zweck schafft sie ein besonderes Mittel; kann doch auch ein jedes Werkzeug nur dann in grösster Vollkommenheit hergestellt

1) Aristoteles' Politik, mit erklärenden Zusätzen ins Deutsche übertragen von Jacob Bernays. Berlin 1872. pg. 5.

werden, wenn es nicht zu mehreren, sondern nur zu Einer Arbeit dienen soll«.

Ferner aber spricht die Analogie ohnehin für meine Auffassung.

Ist das Gefühl der Kälte keine Erregung wegen Mangel an Wärme?

Ist das Gefühl des Schwarz keine Erregung wegen Mangel an Licht?

Ist der Hunger keine Erregung, welche der Mangel bestimmter Materie, nämlich der Nahrungsstoffe, hervorruft?

Ist der Durst keine Erregung, die der Mangel bestimmter Materie — nämlich des Wassers — erzeugt?

Ist es also auffallend, dass der Trieb Luft zu athmen, wesentlich Sauerstoffhunger ist, eine Erregung, die durch Mangel an Sauerstoff bedingt wird?

Wie ich finde, hat schon Wilhelm Müller[1]) vor langer Zeit auf die Analogie mit Hunger und Durst Bezug genommen.

Die Thatsache, dass die Abwesenheit einer Materie oder einer Kraft so ungeheure Wirkungen im Gefolge hat, kann nicht paradox erscheinen, wenn man bedenkt, dass die Wegnahme einer Säule ein gewaltiges Gebäude zum Einsturze bringen kann, dass die Entfernung des Sperrhakens einer Uhr deren Gang veranlasst, dass das Verdunsten des Oels von den Axen der Eisenbahnwagen die Axen in Brand gerathen lässt, oder dass Hungersnoth die Menschen und Thiere dazu antreibt, ihres Gleichen zu fressen. Das letzte Beispiel dürfte das richtigste sein.

Wie die Chemie lehrt, entstehen durch alle Zersetzungen der Materie immer zunächst freie Affinitäten, die sich stets sättigen — und zwar je nach der Natur der den Affinitäten sich darbietenden Atome auf fast unendlich verschiedene Weise. Bietet man den frei gewordenen Affinitäten durch Zufuhr verschiedenartiger Atome die Wahl an, so sättigen sie sich nach dem Gesetz der grösseren Verwandtschaft.

Da nun die Oxydation fortwährend freie Affinitäten erzeugt, von denen bestimmte zur Aufnahme von Sauerstoff neigen, so ist es begreiflich, dass, wenn kein Sauerstoff da ist, eine andere Art der Befriedigung der freien Affinitäten eintritt. Die Molecüle der leben-

1) Wilhelm Müller, Beiträge zur Respiration. Wiener Sitzungsber. der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Bd. XXXIII. pg. 141.

digen Materie, welche mit Begierde den Sauerstoff verzehren wollten, verzehren bei Mangel desselben sich gegenseitig selbst. Dafür spricht auch, dass die erneute Sauerstoffzufuhr bei oft nur 1 Minute erstickten höheren Geschöpfen das Leben nicht zurückruft. Denn die für den Sauerstoff bestimmt gewesenen Affinitäten haben sich anderweitig befriedigt — die Molecüle sind geschlossen worden, wie der Chemiker sagt. Niemand aber hat den Schlüssel, sie wieder aufzuschliessen. Der Mensch ist todt! Das Leben kann nur bei tiefer Kälte und Vorrath an »intramolecularem« (durch die Respiration früher aufgenommenen) Sauerstoff zum Stillstande kommen (Winterschlaf) und dann bei geringer Erwärmung die Wiederentzündung durch Wanderung des intramolecularen Sauerstoffs beginnen, der die Molecüle wieder aufschliesst [1]).

Wenn also bei einem Menschen oder Thiere in Folge von Sauerstoffmangel Athemnoth erzeugt wird, begreift sich, dass geänderte Beziehungen zwischen den Atomen und Molecülen der Nervenmaterie des Athemcentrums eintreten werden. Denn die wegen Sauerstoffmangel nicht befriedigten Affinitäten erzeugen Näherungen

---

1) Die dargelegte Theorie über die Ursache des durch Erstickung fast blitzschnell eintretenden absoluten Todes des Warmblüters ist ein starkes Argument für die von mir aufgestellte Ansicht, dass die Wärme und nicht hypothetische Fermente die wesentliche Ursache der Zersetzung der lebendigen Materie seien. Ich habe in den Schriften von Lavoisier einen Gedanken gefunden, welcher dem meinigen sehr nahe liegt. Lavoisier sagte:

»Man darf sich nicht wundern, dass diese Verbrennung in der Lunge stattfindet, wenn man sieht, dass der Dünger, dessen Natur sich sehr der des Blutes nähert, sich entzündet, — wie Einer von uns nachwies — bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre, d. h. bei 8 bis 10°; man kann sich darüber um so weniger wundern, als diese Verbrennung durch den Wärmegrad begünstigt wird, den sie erregt, wie es bei fast allen Verbrennungen vorkommt, dass sie, einmal begonnen, aus sich fortfahren, ohne andere Hülfe als durch fortwährende Zufuhr von Luft und Brennmaterial.« (Lavoisier Oeuvres II. pg. 708.)

Dass auch Fermentwirkungen bei Lebensprocessen vorkommen mögen, konnte und wollte ich keineswegs leugnen, wie Otto Nasse meine Angaben missverstehend glaubte. Der Begriff des Fermentes umfasst nur so verschiedenartige Processe und ist mechanisch so dunkel, dass man sich seiner so lange als möglich erwehren muss. Uebrigens wirken ja viele Fermente z. B. gerade alle Verdauungsfermente absolut so wie die Wärme, d. h. erhöhte Temperatur bei Gegenwart von Wasser.

von Atomen, die unter gewöhnlichen Verhältnissen sich entfernter von einander befinden. Ja diese nicht befriedigten Affinitäten könnten wohl auch eine Annäherung der Molecüle der Nervensubstanz des Athemcentrums bewirken. Sollte sich nun die Wanderung des intramolecularen Sauerstoffs so vollziehen, dass, wofür Manches spricht, ein Molecül denselben an ein benachbartes abgibt, so wäre die Uebertragung des Sauerstoffs erleichtert, also die Umsetzung von Spannkraft in lebendige Kraft begünstigt. Ist aber die Wanderung des intramolecularen, die innere Oxydation bedingenden Sauerstoffs rein intramolecular, d. h. von einem Atome eines Molecüles nach einem anderen Atome desselben Molecüles gerichtet, wie etwa bei den Nitrokörpern vom Stickstoff- zum Kohlenstoffatom, so wäre ja auch begreiflich, dass wegen der stattgehabten Lageänderung der Atome die innere Oxydation, also Reizung begünstigt sein könnte.

Diese Erörterungen, deren zum Theil hypothetischen Charakter ich keineswegs verkenne, geben eine befriedigende Vorstellung von der Mechanik der Wirkung des Sauerstoffmangels.

Ob und wieviel die sogenannten „reducirenden Substanzen", welche im Körper bei Sauerstoffmangel auftreten, noch nebenbei zur Erregung der Athembewegungen beitragen, muss zukünftigen Forschungen überlassen bleiben. Nun scheint es aber nicht wahrscheinlich, dass, wo Ein Mittel ganz ausreicht, die Natur sich zweier ganz verschiedener bedienen sollte.

Unser Princip gibt auch auf die Beziehung der Kohlensäure zu den Athembewegungen Antwort. Sobald dieses Oxydationsprodukt sich in den Körpersäften und dem Blute anhäuft, bedroht es, vermöge seiner giftigen irritirenden Eigenschaften die Lebensvorgänge in allen Zellen und erregt dadurch auch die Nervenzellen des verlängerten Marks, welche die Athembewegungen veranlassen. Also mangelhafte Ausscheidung der Kohlensäure veranlasst gesteigerte Aushauchung; analog wie die Anhäufung anderer Auswurfsstoffe, z. B. des Koths oder Harns, die Ausstossung zur nothwendigen Folge hat. — Wer wollte, könnte heute gegen die erregende Wirkung der Kohlensäure einen analogen Einwand machen, wie ihn oben Ludimar Hermann gegen den Sauerstoffmangel als Reizursache aufgestellt hat. Wenn nämlich die Kohlensäure die Oxydationsprocesse der Zellen hindert, würde man daran denken dürfen, dass die durch sie scheinbar hervorgerufene Reizung der Medulla oblongata doch nur durch Sauerstoffmangel

bedingt sei. Ich glaube an diesen Einwand nicht, weil ich dem allgemeineren Gesichtspunkte folge. —

Unter allen Thatsachen, welche Beispiele für das zweite Gesetz der teleologischen Mechanik darstellen, ist aber keine, die an weittragender Bedeutung verglichen werden kann der Arbeit, welche das centrale Nervensystem für andere Organe und den ganzen Körper leistet. Unendlich mannigfaltig ist die den Bedürfnissen des Individuums angepasste Wirksamkeit. Die bewusste Psyche selbst sucht fortwährend durch die oft verwickeltsten Wege die Wohlfahrt des eigenen Ich zu sichern und für die Befriedigung aller Bedürfnisse die möglichst günstigen Bedingungen herbeizuführen. In sehr vielen Fällen leitet sie der Instinkt als weiser Berather, wie wir oben genauer erörtert haben. Die Mechanik dieser Regulation ist relativ einfach und auf das Princip der Lust und Unlust basirt. Denn alle diejenigen Bedingungen, welche für die Befriedigung der Bedürfnisse des Individuums und der Art vortheilhaft sind, pflegen im Allgemeinen die Lust zu erregen, also erstrebt, umgekehrt diejenigen, welche der Wohlfahrt schädlich, wegen Erzeugung der Unlust gemieden werden. Wo also die Natur den Willen des Individuums leitet, überhäuft sie es mit Glückseligkeit, wenn es ihr gehorcht; peinigt sie es, wenn es ihr widerstrebt und, damit auch der letzte Weg verschlossen sei, auf dem es ihrer Gewalt entrinnen kann, nämlich der Selbstmord, hat sie es mit dem starken Triebe der Selbsterhaltung ausgerüstet, der es zwingt, trotz Krankheit und Qual und endloser Sorge und Ungemach Jahr um Jahr auszuharren bis zu dem Grabe.

So ist das Geschöpf der Macht der Natur überliefert, deren auf den Egoismus berechnete, alle Scalen von Qual und Entsetzen bis zum Entzücken erregende Werkzeuge furchtbar sind. Der Wahrheit zu viel birgt des Stagiriten Wort:

»Dämonisch ist, nicht göttlich die Natur.«[1])

Vermöge der allmählig entstandenen wenigstens theilweisen Uebervölkerung der Erde und dem daraus für den Menschen erwachsenden Kampf um die Existenz, mussten häufig die Individuen der Bedürfnisse halber in Conflikt geratnen. Der kalte Verstand zeigte, dass die Versagung der augenblicklichen Befriedigung eines

---

1) Aristoteles. De Divinat. per somn. cap. II. 35. Ed. Did. 3. pg. 514. ἡ γὰρ φύσις δαιμονία, ἀλλ' οὐ θεία.

Triebes dem Individuum in der Folge nicht selten viel grössere Vortheile bietet, als die Entsagung im Augenblicke schädigt. Das Thier, so weit es nicht durch Instinkt geführt ist, folgt also nur den Bedürfnissen des Augenblicks, der Mensch auch denen der Zukunft. Die Lehren der Tugend sind deshalb die der höchsten Lebensklugheit. Bei einigen Menschen hat sich das Vermögen, die eigenen Triebe zu bändigen, dermassen entwickelt, dass sie bei der Erwägung ihrer Handlungen von ihrer Person so sehr abzusehen vermögen, um sich für ihres Gleichen zu opfern. Die Tugend hat sich in solchen Fällen bei dem menschlichen Individuum mit Rücksicht auf die eigene Persönlichkeit von ihrer egoistischen Wurzel nicht selten vollkommen losgelöst. Der Macht der Natur, welcher Alle unterliegen, scheint der Held entflohen, gottähnlich dem staunenden Auge der Menschen. —

Ein interessantes Beispiel, welches schliesslich noch die von mir gewählte Fassung des zweiten Gesetzes zu begründen geeignet ist, bietet die Regulation der Körpertemperatur bei den Warmblütern, wenn unter ungewöhnlichen Verhältnissen, z. B. durch künstliche Erhitzung, die Temperatur des Blutes die Norm zu überschreiten gezwungen wird. Denn in diesem Falle tritt nicht Ein Organ allein als Helfer in der Noth auf, sondern viele.

Steigerung der Temperatur des verlängerten Marks bedingt, wie Goldstein gezeigt hat, eine ausserordentliche Verstärkung der Athembewegungen, also beschleunigte Verdunstung von Wasser in den Lungen und Abkühlung des durch sie circulirenden Blutes.

Wie seit alten Zeiten bekannt, erregt die Steigerung der Temperatur des Herzens über die Norm auch eine bedeutende Zunahme der Arbeit dieses Organes, also schnellern Kreislauf des Blutes, das jetzt in grösseren Mengen durch die abkühlende Haut fliesst.

Nach Luchsinger's[1]) neuesten Untersuchungen reizt die gesteigerte Temperatur des Rückenmarks die Centralorgane der Schweisssecretion sowie die der Hemmungsnerven der Blutgefässe der Haut. Das überhitzte Rückenmark erzeugt also blutreiche, schweisstriefende Haut und stellt so eine gewaltige Hülfe zur Bewältigung der das Leben bedrohenden Gefahr.

---

1) B. Luchsinger. Neue Versuche zu einer Lehre von der Schweisssecretion. Arch. f. die ges. Physiol. Bd. 14. 1876. pg. 369. — Ferner: Derselbe a. a. O. pg. 383. — Derselbe pg. 391.

Es scheinen ausser den genannten noch mehr Organe ihre Arbeit zu modificiren, worauf z. B. die herabgesetzte secretorische Thätigkeit der Nieren, die Abnahme der psychischen und motorischen Energie u. s. w. hinweisen.

In allen diesen Fällen ist es die abnorm gesteigerte Temperatur der inneren Organe selbst, welche mit Nothwendigkeit solche Veränderungen der Funktionen der Organe erzeugt, wie es zur Herabdrückung der Körpertemperatur besonders zweckmässig ist.

Diess weist bereits darauf hin, dass unter normalen Verhältnissen die Temperaturregulation durch die Haut und wesentlich nicht durch die edlen inneren Organe vermittelt wird, weil die Temperatur der letzteren ja durch die Regulation constant erhalten werden soll, die Nichtconstanz dieser Temperatur aber gerade die wesentliche Voraussetzung der activen Betheiligung der inneren Organe bei der Regulation ist.

---

§ 6. Schluss.

Wo also die physiologische Forschung hinreichend weit vorgeschritten ist, führt sie zu der Erkenntniss, dass die vernunftgemässen Accomodationen der lebendigen Wesen immer dem »teleologischen Causalitätsgesetz« unterworfen sind.

Vielleicht macht ein Gleichniss die Mechanik der zweckmässigen Reactionen der lebendigen Wesen am klarsten. Man denke sich eine grosse musikalische Spieldose, deren innere Einrichtung so beschaffen ist, dass sie, nachdem ihr Uhrwerk aufgezogen, tausend verschiedene Lieder spielen kann. Es befinden sich tausend Zapfen an der Dose, die in solche Verbindung mit der Mechanik derselben gebracht sind, dass eine durch den Finger der Hand bewirkte Verschiebung eines einzigen bestimmten Zapfens ein ganz bestimmtes Lied auslöst. Wir können uns ferner die Einrichtungen so getroffen denken, dass von der Grösse der Verschiebung des auslösenden Zapfens die Stärke der die Melodie bildenden Töne abhängt. Nun repräsentiren die verschiedenen Melodieen die verschiedenen Vorgänge im Körper des Thieres, welche nothwendig sind, um die im gewöhnlichen Lauf des Lebens etwa nothwendig werdenden Bedürfnisse zu befriedigen oder häufiger vorkommende Störungen aus-

zugleichen. Die Mechanik ist im Thiere so eingerichtet, dass jede Ursache eines Bedürfnisses, die ja in einer stofflichen oder functionellen Aenderung der lebendigen Materie besteht, gerade durch diese Aenderung den bestimmten Zapfen bewegt, der die richtige, d. h. das Bedürfniss befriedigende Melodie auslöst. Hieraus folgt, dass, was ja auch in der Natur wirklich vorkommt, Störungen eintreten können, zu deren Beseitigung keine geeignete Mechanik existirt, so dass der Organismus dann unzweckmässig arbeitet, ja zu Grunde geht, oder dass der eine Melodie auslösende Zapfen einmal auch durch eine andere Ursache als die normale in Bewegung versetzt wird, also zu einer Zeit, wo die bewirkte Reaction nicht nöthig, ja vielleicht schädlich ist u. s. w. Sc viel steht thatsächlich fest, dass die Zweckmässigkeit der Arbeit keine absolute ist, sondern nur unter bestimmten Voraussetzungen existirt. Gerade hierin offenbart sich der rein mechanische, jeder Willkür entzogene Charakter.

Man erwäge nun, dass der Mensch seine musikalischen Dosen, die bereits viele Lieder spielen können, aus verhältnissmässig groben Stücken von Metall oder Holz herstellt. Die Natur aber arbeitet mit Atomen und kann also auf sehr kleinem Raume eine Spieldose erzeugen, die Millionen der verschiedensten Melodieen spielt, welche auf Millionen möglicherweise im Lauf des Lebens eintretender Bedürfnisse genau berechnet und eingestellt sind.

Wie diese teleologische Mechanik enstanden, bleibt eines der höchsten und dunkelsten Probleme. Einer der grössten griechischen Philosophen Empedokles[1]), der 484—424 v. Chr. lebte, nimmt an,

---

1) Empedokles sagt in dem Fragment *ΕΚ ΤΟΥ ΠΕΡΙ ΦΥΣΕΩΣ ΔΕΥΤΕΡΟΥ*:

αὐτὰρ ἐπεὶ κατὰ μεῖζον ἐμίσγετο δαίμονι δαίμων,
255 *ταῦτά τε συμπίπτεσκον ὅπη συνέκυρσεν ἕκαστα,*
ἄλλα τε πρὸς τοῖς πολλὰ διηνεχῆ ἐξεγένοντο.

(Siehe: Empedoclis Agrigentini Fragmenta disposuit etc. Henricus Stein. Bonnae MDCCCLII. pg. 64.)

Da nur Fragmente von Empedokles vorhanden sind, ist man vielfach auf die Berichte anderer Autoren über seine Lehren angewiesen. Aristoteles (Phys. II. 8.) gibt hier folgende Aufklärung:

ὅπου μὲν οὖν ἅπαντα συνέβη, ὥσπερ κἂν εἰ ἕνεκά του ἐγίνετο, ταῦτα μὲν ἐσώθη ἀπὸ τοῦ αὐτομάτου συστάντα ἐπιτηδείως· ὅσα δὲ μὴ οὕτως, ἀπώλετο καὶ ἀπόλλυται, καθάπερ Ἐμπεδοκλῆς λέγει τὰ βουγενῆ ἀνδρόπρωρα.

dass die Natur am Anfange zahllose Klumpen verschiedenartiger lebendiger Materie erzeugt habe, die so lange wieder zu Grunde ging, bis zufällig einmal solche entstand, welche unter den vorhandenen äusseren Bedingungen existenzfähig war. Es scheint mir, dass kein lebendiges Wesen im strengen Sinne existenzfähig genannt werden kann, weil Alle nach langer, aber auch oft sehr kurzer Zeit wieder mit innerer Nothwendigkeit zu Grunde gehen. Denn der Tod des Individuums ist ein Naturgesetz. Richtiger muss als nothwendige Eigenschaft der Urmaterie, von der sich die belebte Natur ableitet, angenommen werden, dass sie vermöge der Succession ihrer schliesslich zum Tode führenden Metamorphosen die Zeugung ihres Gleichen ausführen konnte, noch ehe sie vermöge ihrer Organisation wieder zu Grunde ging. Diese erste lebendige Materie am Anfang der Dinge muss die Fähigkeit besessen haben: sich zu ernähren, zu wachsen, sich fortzupflanzen, sowie in zweckmässiger Weise auf ihre Umgebung zu reagiren. Die fundamentalsten Probleme der Physiologie sind also eigentlich schon mit der ersten lebendigen Urmaterie gegeben.

Ich habe über das Wesen der Vorgänge, welche die Schöpfung der lebendigen Natur bedingten, eine Hypothese [1]) aufgestellt, welche wenigstens die Möglichkeit eines Verständnisses zu eröffnen scheint, wie in Uebereinstimmung mit dem Causalitätsgesetz und allen bekannten Erfahrungen das grösste Ereigniss der Welt sich vollzogen haben mag.

---

1) E. Pflüger. Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Dies. Archiv. Bd. 10. pg. 251.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Neue Einwände des Herrn Professor Dr. H. Senator gegen die Anpassung der Wärmeproduction an den Wärmeverlust bei Warmblütern.

Eine Widerlegung

von

E. Pflüger.

In der am 23. Februar 1877 abgehaltenen Sitzung der Berliner »Physiologischen Gesellschaft«, welche unter dem Präsidium des Berliner Physiologen und beständigen Secretärs der Königl. Akademie der Wissenschaften, Emil du Bois-Reymond steht, hat Professor Senator einen Vortrag »Zur Lehre von der thierischen Wärme« besonders gegen mich gehalten, welcher in den »Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin« Nr. 15 am 10. März 1877 veröffentlicht worden ist.

Der Bericht in den »Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin« lautet:

»Der Vortragende (nämlich Senator) bespricht zunächst die Frage nach der Wärmeregulation, in Betreff deren sich zwei Ansichten gegenüberstehen. Die eine findet die Mittel, durch welche die sogenannten Warmblüter ihre Innenwärme trotz äusserer Temperaturschwankungen constant halten, abgesehen von willkürlichen und instinctiven Maassregeln, hauptsächlich in Veränderung der Wärmeabgabe, welche durch Aenderungen der Circulation und Verdunstung von Seiten der Haut bewerkstelligt werden, während nach der andern Ansicht eine unwillkürliche und reflectorische Anpassung der Wärmebildung an den Wärmeverlust, also eine Steigerung der Wärmebildung bei Abnahme der äusseren Temperatur und eine Verminderung jener bei Zunahme dieser stattfinden soll. Er zeigt, dass das Regulationsvermögen der Warmblüter, wenn sie von den willkürlichen Schutzmassregeln (Bewegung, Nahrung etc.) keinen Gebrauch machen, ein sehr beschränktes ist und dass namentlich die Menschen, obgleich sie durch ihre Intelligenz

es verstehen, sich am meisten gegen die Schwankungen der Aussentemperatur zu schützen, nur innerhalb ganz enger Grenzen ihre Innenwärme bewahren können, wenn sie auf die willkürlichen Schutzmaassregeln verzichten. Alle diese Erfahrungen sprechen nicht für das Vermögen, die Wärmeproduction nach dem Wärmeverlust zu regeln, aber sie bilden auch keinen strengen Beweis dagegen. Bewiesen oder widerlegt könnte das Vorhandensein eines solchen Vermögens nur werden durch calorimetrische Untersuchungen oder durch Untersuchung der Stoffwechselvorgänge. Bei den calorimetrischen Untersuchungen, welche schon an und für sich grosse Schwierigkeiten bieten, tritt in diesem Falle, wo es sich also z. B. um den Einfluss der Abkühlung handelt, noch der Umstand erschwerend hinzu, dass, wie es eben in dem Begriff der Abkühlung liegt, in jedem Fall mehr Wärme, als normal abgegeben wird, während man nicht weiss, wieviel davon in derselben Zeit producirt ist und wieviel der Körper ausserdem von seinem Bestand an Wärme hergegeben hat. Ungefähr lässt sich dieser letztere Antheil durch Messung der Körpertemperatur vor und nach der Abkühlung schätzen. In einigen solchen Untersuchungen, welche der Vortragende früher an Hunden angestellt hat, sprach das Ergebniss nicht dafür, dass selbst bei sehr mässiger Einwirkung von Kälte auf die Haut, mehr Wärme, als ohne diese Einwirkung bei sonst gleichem Verhalten, gebildet worden wäre.

Was die zweite Methode, die Untersuchung des Stoffwechsels betrifft, so genügt die alleinige Bestimmung der ausgeathmeten CO_2 nicht, weil diese, worauf der Vortragende auch schon früher hingewiesen hat, in ihrer Menge sich ändern kann, ohne dass gleichzeitige Aenderungen in ihrer Bildung stattfinden. Sicherer sind die Bestimmungen des ausgeathmeten CO_2 und des gleichzeitig eingeathmeten O. Ueber den Einfluss der äusseren Temperatur auf diese Gase liegen nur wenige Untersuchungen bisher vor. An Menschen sind von Speck 3 Versuche angestellt worden, bei welchen während der Abkühlung 2 Mal die CO_2 und 2 Mal der O innerhalb der normalen Schwankungen lag, einmal überstieg die CO_2 und in einem anderen Versuch der O das normale Maximum ganz wenig und dabei waren Muskelanstrengungen (Waschungen) nicht ausgeschlossen. Neuerdings sind in Pflüger's Laboratorium und auf dessen Veranlassung Untersuchungen angestellt, von Röhrig und Zuntz an Kaninchen und von Colasanti an Meerschweinchen. Pflüger

selbst stellt auf Grund dieser Untersuchungen folgende Gesetze auf: 1. Ausathmung von CO_2 und Aufnahme von O gehen parallel (wenn nicht Dyspnoë vorhanden ist), so dass wenn von O wenig aufgenommen wird, auch von CO_2 wenig producirt wird und umgekehrt. 2. Der Quotient $\frac{CO_2}{O}$ ist eine unveränderliche Grösse (»Naturconstante«). 3. Bei Thieren mit unversehrtem Nervensystem wirken Temperaturschwankungen der Umgebung von der Haut aus reflectorisch auf den Stoffwechsel, so dass jeder Abnahme der äusseren Temperatur eine entsprechende Steigerung des Stoffwechsels (gemessen durch das Verhalten der CO_2 und des O) entspricht. 4. Dies gilt nur, so lange die Temperatur im Innern (Rectum) des Thierkörpers nicht über oder unter eine gewisse Grenze geht. Bei sehr hoher Temperatur im Innern werden maximale Werthe des Stoffwechsels und bei sehr niederer Temperatur minimale Werthe beobachtet ohne Rücksicht auf die Temperatur der Umgebung.

Der Vortragende weist nun im Einzelnen nach (???), dass die Versuche von Röhrig und Zuntz diesen Gesetzen nicht entsprechen, sondern theilweise (!!) ganz direct widersprechen, dass namentlich auch bei Einwirkung eines warmen Bades Zunahme der Gasmengen und bei Einwirkung eines kalten Bades Abnahme des Sauerstoffverbrauchs beobachtet wurde.

Colasanti hat hierüber an Meerschweinchen Versuche angestellt, welche sich vermöge der ausserordentlichen Energie ihrer Wärmeregulation ganz besonders dazu eignen sollen. Doch giebt er an, dafür gesorgt zu haben, dass die Thiere in dem Athemraume nicht zu starker Kälte (nicht unter 6° C) ausgesetzt waren. In der That hat in dem Athemraum während der Versuche eine Temperatur von 6—10° geherrscht. Aber vor dem Versuch hat er die Thiere Stunden lang in einem Eiskasten gehalten, dessen Temperatur wohl wenig über 0° gewesen ist (wie auch aus anderen Versuchen am Frosch hervorgeht). Nachdem die Thiere also Stunden lang starker Kälte ausgesetzt waren, brachte er sie zum Versuche in eine um mehrere Grad höhere Temperatur und fand dabei Steigerung des Stoffwechsels. Die Versuche sind daher nicht beweisend, dass sich Meerschweinchen abweichend von Kaninchen (und Menschen) verhalten, sondern sie können eher noch als Beweis gegen den steigernden Einfluss der Kälte ausgelegt werden.«

Ich will zunächst diejenigen Punkte besprechen, die auf Missverständnissen Senator's beruhen.

Er behauptet, ich hätte **auf Grund der im Bonner Laboratorium ausgeführten Untersuchungen** den Werth $\frac{CO_2}{O}$ eine »Naturconstante« genannt, was allerdings eine Absurdität wäre.

Die Sache ist folgende: Bekanntlich hat es für die Beurtheilung der Art der Verwendung des Sauerstoffs im thierischen Organismus eine grosse Wichtigkeit zu wissen, wieviel auf Oxydation von Kohlenstoff verbraucht wird. Da nun ein Molecül Sauerstoff = O_2, bei der Oxydation von Kohlenstoff zu Kohlensäure gerade ein Molecül = CO_2 liefert, so ergibt sich, weil nach dem Gesetz von Avogadro in gleichem Volum bei gleichem Druck und Temperatur gleichviel Molecüle sind, dass das Volum der ausgeathmeten Kohlensäure, dividirt durch das Volum des in derselben Zeit eingeathmeten Sauerstoffs angibt, welcher aliquote Theil des eingeathmeten Sauerstoffs in der ausgeathmeten Kohlensäure wieder erschienen ist.

Dieser Werth ist natürlich identisch demjenigen, welchen man erhält, wenn man das Gewicht des in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffs durch das Gewicht des gleichzeitig in den Lungen absorbirten Sauerstoffs dividirt. Denn irgend welches Kohlensäurevolum (V_1) verhält sich zu irgend welchem Sauerstoffvolum V_2, wie das Gewicht des in der Kohlensäure (V_1) enthaltenen Sauerstoffs zu dem Gewicht des Sauerstoffvolums (V_2), weil eben ein Sauerstoffvolum, wenn es Kohlensäure bildet, ein gleich grosses Volum Kohlensäure erzeugt. Da nun dieses Verhältniss, welches angibt, wieviel von dem eingeathmeten, d. h. in der Lunge absorbirten Sauerstoff in der Kohlensäure wieder erscheint, eine so grosse physiologische Wichtigkeit hat, so bedienten sich einige Physiologen und Aerzte zur Abkürzung der Formel $\frac{CO_2}{O}$, die also bedeuten soll: dass das exspirirte Kohlensäurevolum zu dividiren ist durch das in derselben Zeit absorbirte Sauerstoffvolum. Nun ist es ja seit lange, besonders durch die Untersuchungen von V. Regnault und J. Reiset bekannt, dass dieser Verhältnisswerth je nach der Nahrung und den physiologischen Zuständen sehr schwankt. Erhält ein Thier fast nur Kohlehydrate, so erscheint fast aller Sauerstoff, der in den Lungen vom Blute absorbirt wurde, in der ausgeathmeten Kohlensäure

wieder. Die Verhältnisszahl ist also nahezu oder ganz = 1. Der Grund ist chemisch klar. — Bei Fütterung mit Fetten aber ist das ausgeathmete Kohlensäurevolum immer bedeutend kleiner, als das in derselben Zeit eingenommene Sauerstoffvolum, oder es erscheint von dem eingenommenen Sauerstoff ein beträchtlicher Theil nicht in der ausgeathmeten Kohlensäure wieder, weil er zur Oxydation von Wasserstoff diente und Wasser erzeugte. Auch dies ist chemisch selbstverständlich. Folglich unterliegt der Quotient aus dem Kohlensäurevolum in das Sauerstoffvolum beträchtlichen Veränderungen seiner Grösse, ist also keine Naturconstante.

Nun sagte ich, dass $\frac{CO_2}{O}$ eine Naturconstante sei und deshalb nicht benutzt werden dürfe für jene bei der Respiration wichtige Verhältnisszahl, weil diese eben keine Naturconstante sei.

Ich muss also für Senator erklären, warum $\frac{CO_2}{O}$ eine »Naturconstante«, d. h. eine absolut unveränderliche Beziehung zweier absolut constanter Werthe ist.

Weil CO_2 = 44 Gewichtseinheiten Kohlensäure und
O = 16 Gewichtseinheiten Sauerstoff sind,

so bedeutet $\frac{CO_2}{O}$:

das Verhältniss von 44 Gewichtstheilen Kohlensäure zu 16 Gewichtstheilen Sauerstoff. Ausserdem: CO_2 bedeutet Gewicht aber kein Volum.

Ich musste diese selbstverständlichen Dinge so breit darlegen, weil Senator meine früheren ausreichenden Erörterungen nicht verstanden hat. Glaubte er doch ernstlich, ich hätte durch physiologische Versuche (!) beweisen wollen, dass $\frac{CO_2}{O}$ eine »Naturconstante« sei. Zur Orientirung des Lesers wiederhole ich deshalb den von Senator nicht verstandenen Passus[1]):

»Der in diesen Tabellen (S. 470 u. 471) gebrauchte Ausdruck »respiratorischer Quotient« bedeutet das Verhältniss des in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffs zu dem gleichzeitig verbrauchten Sauerstoffe. Ich schlage den Ausdruck »respiratorischer Quotient« überhaupt als Abkürzung den Physiologen vor an Stelle der oft ge-

1) E. Pflüger. Nachtrag zu Dr. G. Colasanti's in diesem Archive enthaltenen Abhandlung. Bd. XIV. pg. 472.

brauchten Formel $\frac{CO_2}{O}$. Da diese Formel eine der unzweifelhaftesten Naturconstanten bezeichnet, so erscheint es doch fast barbarisch, darunter einen durchaus variablen Werth zu verstehen.«

Eine andere Ungenauigkeit ist die Behauptung Senator's, ich hätte auf Grund der von mir in meinem Laboratorium veranlassten und von Zuntz, Röhrig und Colasanti ausgeführten Untersuchungen eine Reihe von Lehrsätzen über die Einwirkung der Wärme auf den Organismus der Warmblüter aufgestellt. Ich habe aber ausserdem selbst eine sehr grosse Zahl von Versuchen gemacht, deren Resultate ich schon vor längerer Zeit vorläufig mittheilte[1]) und von denen Senator recht gut weiss, dass sie einen wesentlichen Beleg für die Sätze bilden, welche er mir zuschreibt. Senator weiss dies, da er deshalb mit mir in Briefwechsel gestanden und da ich zu seiner Information einen besonderen Aufsatz[2]) geschrieben habe. Bei der ungeheuren Masse von Amtsgeschäften aller Art, die mich belasten, bin ich aber noch nicht im Stande gewesen, meine Untersuchungen in extenso zu veröffentlichen.

Senator beruft sich nun zunächst, um mich zu widerlegen, darauf, dass das Kaninchen und der Mensch keine Anpassung der Wärmeproduction an den Wärmeverlust besässen. Es könne desshalb nicht angenommen werden, dass die Meerschweinchen sich anders verhielten, an denen bekanntlich in meinem Laboratorium die meisten und beweisendsten Versuche angestellt sind. Hierbei behauptet er, dass die in meinem Laboratorium von Zuntz und Röhrig an Kaninchen angestellten Versuche theilweise direct gegen eine solche Regulation sprechen.

Zuntz und Röhrig haben bekanntlich den umgekehrten Schluss mit Recht gezogen. Vielfach sind diese Versuche in der medicinischen Literatur besprochen worden, und Niemanden ist es jemals eingefallen, daraus Belege für das Nichtvorhandensein der Temperatur regulirenden Wärmeproduction abzuleiten, wie es Senator nun versucht.

Ich will desshalb alle die Wärmeregulation betreffenden Ver-

---

1) E. Pflüger. Ueber Temperatur und Stoffwechsel der Säugethiere. Vorläufige Mittheilung. Dieses Archiv Bd. 12, pg. 282. (1876.)

2) E. Pflüger. Ueber Wärmeregulation der Säugethiere. Vorläufige Mittheilung. Dieses Archiv. Bd. 12. pg. 333. (1876.)

suche von Zuntz und Röhrig durchgehen und darthun, dass Senator's Behauptung jeder Begründung entbehrt.

Versuch I (genannt II), (pg. 65, Arch. 4).
Zunahme der CO_2 im kalten Bade um 32,7 pCt.
Abnahme des O-Verbrauches im kalten Bade um 11,5 pCt.

Hier nimmt allerdings nach dem Versenken des Thieres in ein Bad von 4° C. der Sauerstoffverbrauch ab. Aber es ist bei dem Versuche versäumt worden, die innere Temperatur des Thieres zu messen. Wie ich zeigte, hat die Wärmeregulation ihre Grenzen und setzt voraus, dass die inneren Organe nicht allzustark abgekühlt und dadurch gelähmt werden. Folglich beweist dieser Versuch gar Nichts. Die Kohlensäuresteigerung wird durch die bedeutende Verstärkung der Athembewegungen bedingt sein.

Versuch II (genannt III) (pg. 65, Archiv 4)
Zunahme der CO_2 im kalten Bade = 14.5 pCt.
Zunahme des O „ „ „ = 74.5 „

Spricht also für uns.

Versuch III (genannt IV) (pg. 66, Arch. 4).
Zunahme der CO_2 im Bade von 36.8° C = 10 pCt.
Zunahme des O „ „ „ „ = 15.3 „

Das Thier befand sich, ehe es in das Bad gesenkt wurde, in der Luft, die eine Temperatur von 19.3° C. hatte. Das sieht nun allerdings so aus, als wenn das Thier in eine wärmere Umgebung gebracht worden wäre und trotzdem eine Steigerung der Oxydationsprocesse erfahren hätte. Hiergegen ist aber geltend zu machen, dass eine Lufttemperatur von 18° C. uns sehr warm vorkommt und dauernd ertragen wird, während ein Bad von 18° C. uns sehr schnell abkühlt und ohne Gefährdung des Lebens nicht auf die Dauer unseren Körper umgeben darf. Dies liegt an der ungeheuren specifischen Wärme des Wassers und seinem grossen specifischen Gewichte, weshalb die Haut durch höher temperirtes Wasser sogar viel mehr abgekühlt werden kann als durch Luft von niederer Temperatur. Es ist also bei Versuch III keine Sicherheit vorhanden, dass das Thier nicht, trotzdem das Bad wärmer als die Luft war, in dem Bad mehr Wärme verlor, d. h. mehr abgekühlt wurde als in der Luft. Folglich beweist der Versuch Nichts gegen uns.

Versuch IV (genannt XVI), (pg. 66, Arch. 4).
Zunahme der CO_2 vom warmen ins kalte Zimmer = 66.1 pCt.
Zunahme des O vom warmen ins kalte Zimmer = 41.2 „

Zunahme der CO_2 vom warmen Zimmer ins kalte Bad = 72,5 pCt.
Zunahme des O vom warmen Zimmer ins kalte Bad = 30,0 „

Dieser Versuch spricht durchaus für uns. Das Thier regulirt so stark, dass es trotz der starken Senkung der Temperatur in seinem Körperinnern doch vermehrte Oxydation darbietet.

Versuch V (genannt XIII) (pg. 69, Arch. 4).

Betrifft nicht die Wärmeregulation, da das Körperinnere des Thieres absichtlich tief abgekühlt worden ist.

Fällt also aus.

Versuch VI (genannt XII) pg. 69, Arch. 4).

Abnahme des CO_2 im heissen (40.8—42.9) Bade = 58.6 pCt.
Abnahme der O im heissen Bade = 18.2 pCt.

Gehorcht dem Gesetz!

Versuch VII (genannt XIV) (pg. 70, Arch. 4).

Abnahme der CO_2-Production im heissen (39.3°—40.5°) Bade	= 27.1 pCt.
Abnahme der O-Consumtion „ „ „	= 27.5 „
Zunahme der CO_2 vom heissen zum kalten (18.3°) Bad . . .	= 96.3 „
Zunahme des O „ „ „ „ „ . . .	= 20.1 „

Also immerfort die entschiedenste Anpassung der Oxydationsprocesse an den Wärmeverlust, resp. die Abkühlung.

Diese 7 Versuche sind alle von Zuntz und Röhrig überhaupt zur Demonstration der Accomodation der Wärmeproduction angestellten. Der Leser sieht, dass absolut gar keine Thatsache in allen Versuchen zu finden ist, aus der sich auch nur ein Bedenken gegen die Richtigkeit unserer Ansicht von der Regulation der Körpertemperatur durch Variation der Wärmeproduction ableiten liesse. Es ist geradezu unbegreiflich, wie Senator mit den Thatsachen umspringt.

Wäre aber selbst eine Zahl da, die sich nicht fügte, was könnte es verschlagen, Angesichts des grossen von dem Bonner Laboratorium beigebrachten Beobachtungsmateriales? Ein einziger Schreib- oder Ablesungsfehler am Spirometer, das kleinste Versehen bei der Wägung der CO_2 würde genügen, eine nicht stimmende Zahl zu erhalten.

Was hat wohl Senator für ein Recht, an Andere derartige exorbitante Forderungen zu stellen? Mich überzeugen Untersuchungen am Meisten, bei denen nicht alle Zahlen die vollste Uebereinstimmung geben. Glücklicherweise sind wir nun bei Zuntz' und Röhrig's

Versuchen im Stande, die Abweichungen leicht zu erklären und zu beweisen, dass sie als Argumente gegen uns nicht benutzt werden können und dürfen.

Nun kommt doch noch hinzu, dass auch ich selbst, wie aus meiner vorläufigen Mittheilung bekannt ist, mich durch directe eigene Versuche von dem Vorhandensein der durch Wärmeproduction ermöglichten Temperaturregulation an Kaninchen auf das Entschiedenste überzeugt habe.

Die Behauptung Senator's, dass das Kaninchen sich anders als das Meerschweinchen verhalte, ist also unrichtig. Dass die Wärmeproduction bei dem Kaninchen nicht so energisch auf die Abkühlung der Haut reagirt als bei dem Meerschweinchen, liegt an der bedeutenderen Körpergrösse und wohl auch an der geringeren Lebensenergie dieser so weichlichen Hausthiere. Denn der nahe verwandte Hase, der während des strengsten Winters ohne Höhle und Nest auf dem blanken gefrorenen Erdboden und unter dem eisigen Himmel Tag und Nacht aushält, und noch niemals erfroren gefunden worden ist, dürfte das schwerlich zu leisten vermögen, wenn er nicht in sich eine mächtige mit dem Verlust wachsende Wärmequelle besässe.

Was den Menschen betrifft, dem Senator ebenfalls die Fähigkeit bestreitet, seine Temperatur durch Variation der Wärmeproduction constant zu erhalten, so bleibt hier zu bedenken, dass keine einzige systematische und beweisende Arbeit vorliegt. Das Beste bleibt immer noch der positive Versuch von Lavoisier und Seguin. Dass der Mensch sich anders verhalten sollte, als die anderen Säugethiere, nachdem es absolut feststeht, dass diese ihre Körpertemperatur durch Anpassung der Wärmebildung an den Verlust constant erhalten, das kann doch Niemand glauben. Wohl aber will ich zugeben, dass Individuen, die fast fortwährend im Zimmer leben und sehr selten ihren Regulationsapparat üben, und schliesslich deshalb bei jeder Temperaturschwankung krank zu werden in Gefahr kommen, allerdings keine Objecte sind, die als Paradigmata des physiologischen Menschen angesehen und zu solchen Untersuchungen verwerthet werden können.

Die umfassendste in meinem Laboratorium ausgeführte Untersuchung, welche zunächst die Temperaturregulation betrifft, ist die von Giuseppe Colasanti. Senator hatte schon früher versprochen, die Resultate dieser Arbeit zu widerlegen.

Die Gründe, welche er jetzt gegen diese vorbringt, sah ich freilich nicht vorher; dies war unmöglich, weil sie auf der Annahme beruhen, dass bei unsern Versuchen Umstände wirkten, deren Existenz von Senator nicht erwiesen ist, und wenn sie erwiesen wäre, ganz bedeutungslos sein müsste.

Es handelte sich bei Colasanti's Versuchen darum, den Beweis zu liefern, dass ein Thier, welches sich in kühlerer Luft befindet, mehr Sauerstoff verbraucht und mehr Kohlensäure bildet, als wenn es sich in wärmerer Luft aufhält. Um den Einwand zu beseitigen, dass die gesteigerte Oxydation nur in den ersten Minuten der Abkühlung, etwa durch Frostschauer oder sonst wie, bedingt sei, setzten wir die Meerschweinchen 1—2 Stunden auf Watte in den Eiskasten, ehe sie in den abgekühlten Recipienten kamen. Nun soll nach Senator die von uns gar nicht angegebene und Senator ganz unbekannte Temperatur der Luft in unserem Eiskasten in Bonn einige Grade niedriger als im Recipienten gewesen, das Thier also relativ durch Einführung in den kalten Recipienten in eine wärmere Atmosphäre gebracht worden sein. In Folge dessen hätte das Thier dann durch Steigerung der Temperatur der oberflächlichen Partieen seines Körpers etwas mehr Kohlensäure liefern können.

Um sogleich Jedem klar zu machen, dass Senator's Einrede bedeutungslos ist, verweise ich auf die wichtige, in den nächsten Heften dieses Archivs erscheinende, in meinem Laboratorium ausgeführte Untersuchung von Dr. Dittmar Finkler. Dieser hat die Meerschweinchen in die künstlich erwärmte Luft des Recipienten aus kühlerer Luft eingeführt, also dadurch ihre Haut u. s. w. auf eine höhere Temperatur gebracht. Die Thiere haben aber ausnahmslos jetzt viel weniger Sauerstoff verbraucht und viel weniger Kohlensäure ausgehaucht, als vorher in der kühleren Luft. Bei Finkler's Versuchen handelt es sich nun um viel grössere Differenzen, als sie zwischen der Luft des Eiskastens und der Luft des abgekühlten Recipienten angenommen werden können. Demnach hat eine plötzliche Steigerung der Temperatur der Umgebung des Thieres den Einfluss, dass der Gaswechsel herabgeht, nicht dass er steigt. Unter Finkler's Kälteversuchen befinden sich auch solche, bei denen die Luft des Recipienten kühler und eben so kühl als der Eiskasten war; und dennoch ist die Zunahme der Oxydationsprocesse unverändert dieselbe. Senator's Einwand ist also nichtig.

Wäre ich aber auch nicht in der glücklichen Lage, durch Finkler's neue Versuche Senator rund abweisen zu können, so würde ich das doch schon auf Grund von Colasanti's Experimenten vermögen.

Wenn ich zugeben will, dass bei manchen Versuchen die peripheren Theile des Meerschweinchens, das vorher im Eiskasten gesessen hatte und nachher in den Recipienten kam, ein wenig höher temperirt worden sein mögen und dass diess eine bessere Ausscheidung der Kohlensäure von Haut und Lunge begünstigte, so ist es doch eben so gewiss, dass die Sauerstoffabsorption hierdurch nicht gesteigert werden kann. Diese war aber gerade so wie die Kohlensäureausscheidung vermehrt. Ferner hat Colasanti Versuche angestellt, bei denen die Oxydationsprocesse in den ersten Stunden mit denen in den letzten Stunden desselben Versuchs verglichen wurden. Obwohl in diesem Falle die Temperatur der verschiedenen Theile des Thieres genau dieselbe war im zweiten Zeitabschnitt, wie in der letzten Stunde des ersten Zeitabschnittes, erschien doch der Oxydationsprocess in dem zweiten Zeitabschnitt ebenfalls sehr hoch, ja sogar zuweilen noch höher als im ersten Zeitabschnitt. (Siehe Versuch 14. 16. 18. 20 bei Colasanti)[1]. Also ist Senator's Einrede gegen Colasanti abermals nichtig.

Nun bemerke man, dass Senator's Gründe basirt sind auf der von ihm *willkürlich* gemachten Voraussetzung, dass die Luft in unserem Eiskasten in Bonn, von dem er doch gar nichts weiss, ein wenig niedriger temperirt war als die Luft des ebenfalls abgekühlten Recipienten, was an den heissesten Tagen des Sommers, an denen ein Theil der Versuche gemacht ist, wahrscheinlich nicht einmal wahr ist; man bemerke ferner, dass Senator auf Grund dieser willkürlichen Fiction seine Einrede gegen uns aufbaut, nicht um nun zu behaupten, dass Colasanti's Versuche aus diesem Grunde nicht beweiskräftig seien, sondern um sich zu folgenden Worten zu versteigen: *„sie* (Colasanti's Versuche) *können eher noch als Beweis gegen den steigernden Einfluss der Kälte ausgelegt werden.*

Das ist gewiss das Stärkste, was die wissenschaftliche Literatur aufweisen kann!

---

1) Colasanti: Einfluss der umgebenden Temperatur. Diess Archiv Bd. XIV. p. 124.

Colasanti zeigt, dass Abkühlung der Luft, in der ein Meerschweinchen lebt, eine ganz riesige Steigerung des Gaswechsels erzeugt.

Senator vermuthet ohne alle Berechtigung, dass ein bei den Versuchen unwesentlicher, bestimmter Umstand existirt habe, und auf Grund dieser Vermuthung soll Colasanti bewiesen haben, dass die riesige Steigerung nicht existirt, die doch Senator nicht läugnen kann.

Da Senator zu solchen Mitteln in der Polemik seine Zuflucht nimmt, ist für mich unzweifelhaft, dass er vergeblich nach Gründen für seinen negirenden Standpunkt ringt. Nachdem Senator die Anpassung der Wärmeproduction der Warmblüter an den Wärmeverlust wegen der Unzulänglichkeit seiner Methoden nachzuweisen nicht im Stande gewesen ist und deshalb geleugnet hat, sucht er die positiven, schwer wiegenden Thatsachen Anderer durch nichtige Einwände zu entwerthen. Umsonst! Gegen die Wahrheit ist aller Scharfsinn umsonst! Umsonst!! —

Wenn man die in das Unendliche gehende Verwickelung der Lebensvorgänge in Betracht zieht, begreift man, dass ein scharfsinniger Kopf sehr oft im Stande sein wird, noch irgend eine Einwendung zu ersinnen und mehr oder weniger plausibel zu machen. Gegen eine nicht geringe Zahl von allgemein anerkannten Wahrheiten liesse sich unzweifelhaft in dieser Weise mit grösserer oder geringerer Berechtigung vorgehen. Es ist deshalb erfreulich, dass wir mit der Wärmeregulation auf dem Punkte angelangt sind, bei dem die Gewissheit erreicht ist.

Vergleichende Untersuchungen zur Lehre von der Muskel- und Nervenelektricität.

Von

Th. W. Engelmann in Utrecht.

Im Anschluss an eine früher von mir begonnene Untersuchung[1]) war es ursprünglich meine Absicht gewesen, zunächst eine Darstellung der die Contraktion des Herzens begleitenden elektrischen Vorgänge zu geben. Während der darauf bezüglichen Arbeiten stiess ich indess auf einige Thatsachen von allgemeinerer Bedeutung, welche meine Aufmerksamkeit nach anderer Richtung ablenkten, und vor jenen Erledigung beanspruchten. Mit ihnen beschäftigen sich die folgenden Zeilen.

Einleitung. Versuche am Froschherzen.

Unter den mannichfaltigen Erscheinungen, durch welche der Herzmuskel sich in elektromotorischer Beziehung von gewöhnlichen quergestreiften Muskeln unterscheidet, macht sich keine so bemerklich, wie die des schnellen Sinkens der Kraft zwischen künstlichem Durchschnitt und natürlicher, unverletzter Oberfläche. Schon in der ersten Minute nach dem Anlegen des Schnittes wird die Kraft gewöhnlich im Sinken angetroffen, nach fünf Minuten ist sie (beim Frosch) durchschnittlich auf kaum zwei Drittel der zu Anfang gemessenen, oft sehr beträchtlichen Höhe, nach einer Stunde oder früher häufig schon auf Null herabgesunken. Diese Erscheinung welche sich ausnahmslos bei den Herzen aller untersuchten Thierarten zeigte, musste zunächst und vor Allem aus zwei Gründen befremden und überraschen. Einmal weil die Kraft der gewöhnlichen quergestreiften Muskeln, deren contraktiler Faserinhalt doch im

---

1) De electromotorische verschynselen der spierzelfstandigheid van het hart. Eerste stuk. Onderz. physiol. labor. Utrecht. Derde Reeks III. 1875. S. 101.

Bau fast genau mit dem der Herzmuskelzellen übereinstimmt, unter gleichen Umständen nur äusserst langsam sinkt, und zweitens weil Reizbarkeit und Contraktilität, die man doch sonst an Grösse der elektromotorischen Kraft ziemlich entsprechen zu sehen pflegt, offenbar — wenigstens bei den Herzen der Kaltblüter — ausserordentlich viel langsamer als die elektromotorische Wirksamkeit abnehmen.

Der letztere Widerspruch löste sich nun freilich alsbald, als ich fand, dass, so lange das Herz noch reizbar war, Abtragen der alten Schnittfläche, überhaupt Anlegen eines neuen Schnittes genügte, um die Kraft sofort in einer, die anfängliche mitunter erreichenden Höhe wieder erscheinen zu lassen. In Bezug auf den ersten Punkt musste durch diesen neuen Umstand die Erscheinung aber nur noch auffälliger werden, denn nach den Erfahrungen du Bois-Reymonds[1]) kann bei gewöhnlichen Muskeln der einmal gesunkenen Kraft durch Anfrischen des Querschnitts nicht aufgeholfen werden. Das abweichende Verhalten des Herzens musste nicht am Wenigsten vom Standpunkte der Molekularhypothese aus interessiren und befremden. Interessiren, denn es schien, als ob man hier die Entwickelung der parelektronomischen Schicht auf der That ertappt habe; befremden, weil zunächst unerklärlich schien, wesshalb diese parelektronomische Schicht sich unter gleichen Verhältnissen nicht ebensogut auch bei gewöhnlichen quergestreiften Muskeln entwickeln solle. In diesen Betrachtungen lag der nächste Anstoss zu den hier folgenden Untersuchungen.

Ich stelle zunächst die Hauptthatsachen fest. Die Methoden zu ihrer Beobachtung waren im Allgemeinen die gewöhnlichen: Ableitung in der feuchten Kammer mittelst unpolarisirbarer Elektroden zum Spiegelgalvanometer und Messung der Kraft mittelst des Compensationsverfahrens von du Bois-Reymond. Einige besondere Maassregeln werden durch die ausserordentlich grosse Empfindlichkeit der Herzoberfläche gegen äussere, namentlich mechanische Eingriffe, nothwendig gemacht. Jede Stelle der Herzoberfläche wird, wie ich anderwärts[2]) mittheilte, schon infolge scheinbar ganz nichts-

---

1) E. du Bois-Reymond, Ueber die Erscheinungsweise des Muskel- und Nervenstromes u. s. w. Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1867, p. 306 u. fg.

2) De electromotorische verschynselen der spierzelfstandigheid van het

sagender mechanischer Einwirkungen, beispielsweise eines leisen Stosses oder Druckes mit der weichen Thonspitze, merklich negativ. Läsionen, die nicht so stark sind, dass sie eine Contraktion oder gar eine nachhaltige sichtbare Veränderung an der Herzoberfläche hervorbrächten, können Spannungsunterschiede von 0.01 D. hervorrufen[1]. Je frischer und reizbarer das Herz, desto grösser ist die Wirkung. Es muss also jede unsanfte, überhaupt jede nicht unumgänglich nöthige Berührung des Herzens durchaus vermieden werden und namentlich auch das Anlegen der Elektroden äusserst sanft geschehen. Letzteres erreicht man am Besten, wenn man den Thonelektroden ein weiches Läppchen als ableitende Spitze anfügt. Ich benutze dazu immer ein Stück Mesenterium vom Frosch.

Auch auf die Flüssigkeit, mit der die ableitende Spitze getränkt ist, hat man zu achten, denn gegen chemische Einflüsse erweist sich die Herzoberfläche gleichfalls höchst empfindlich. Wie anderwärts erwiesen sich Blut, Blutserum und, wenigstens nahezu, auch Kochsalzlösungen von 0.6—1 % als indifferent. Dünnere Kochsalzlösungen machen die berührte Stelle negativ, um so stärker je verdünnter sie sind, stärkere Lösungen wirken in entgegengesetztem Sinne, doch wächst die Positivität nur langsam mit der Concentration, was in Uebereinstimmung mit du Bois-Reymonds[2] Befunden an gewöhnlichen Muskeln ist.

Wendet man sich unter stetiger Beachtung dieser Erfahrungen an die Untersuchung des Verhaltens künstlicher Durchschnitte, so

---

hart. Eerste stuk. Onderzoek. gedaan in het physiolog. laborat. der Utrechtsche hoogeschool. Derde Reeks. III, 1875, p. 107 u. fg.

1) Diese Empfindlichkeit des Herzens in elektromotorischer Beziehung ist unstreitig erheblich grösser als die gewöhnlicher Muskeln. was wohl hauptsächlich in der specifischen Beschaffenheit der reizbaren Substanz, nicht nur auf dem Mangel schützender Sarkolemme beruht. Sie steht ohne Zweifel in causalem Zusammenhang mit der anderen Thatsache, dass der Herzmuskel schon durch viel schwächere mechanische Reize zur Contraktion veranlasst wird, als gewöhnliche Muskeln.

2) E. du Bois-Reymond, Ueber die elektromotorische Kraft der Nerven und Muskeln. Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w., 1867, p. 483. Hier ergab sich die Kraft zwischen Quer- und Längsschnitt bei Ableitung mit concentrirter Kochsalzlösung im Mittel aus 14 Versuchen zu 0.060, mit gewöhnlichem Kochsalzthon (ca. 0.75 %) zu 0.056, mit destillirtem Wasser (Mittel aus 16 Versuchen) zu 0.039 D.

bestätigt man zunächst die alte Angabe, dass jeder künstlich hergestellte Durchschnitt sich negativ gegen die natürliche Oberfläche des Herzens verhält. Zugleich aber bemerkt man, dass die Grösse der Kraft von sehr zahlreichen Umständen abhängt, von denen wiederum als der weitaus einflussreichste sich sogleich die Zeit bemerklich macht, welche seit Anlegen des Schnittes verfloss. Der Einfluss dieses neuen Umstandes ist so bedeutend, dass er alle übrigen überragen und maskiren kann. Man begreift, dass hierdurch der Nachweis und namentlich die quantitative Untersuchung anderer Abhängigkeiten im höchsten Grade erschwert wird.

Schneidet man den Ventrikel nahe der Basis quer durch, so dass er definitiv zu schlagen aufhört, trägt man dann die gewöhnlich sich etwas nach innen umschlagenden Schnittränder schnell mit der Scheere ab, um vor Einmischung natürlichen Längsschnitts an der Wundfläche möglichst geschützt zu sein, und leitet man nun mässig breit von letzterer und von der unversehrten Herzspitze oder deren nächster Umgebung ab, so erhält man innerhalb der ersten Minute nach Anlegen des Schnittes bei sonst gesunden, erwachsenen Fröschen Kraftwerthe, die gewöhnlich zwischen 0.025 D. und 0.04 D. liegen. Werthe unter 0.02 D. und über 0.05 D. sind selten. Im Mittel aus 47 möglichst gleichartig angestellten Versuchen fand ich 0.0311 D. — Aehnliche Werthe erhält man, wenn die Schnittfläche anders gelegt wird, etwa an der Spitze oder parallel der Längsaxe der Kammer oder schräg, wobei dann jedesmal der von der Schnittfläche soweit wie möglich entfernte Punkt der natürlichen Oberfläche des Ventrikels als zweite Ableitungsstelle dient.

Die einzelnen Punkte eines jeden künstlichen Schnittes verhalten sich, was nicht befremden kann, ziemlich verschieden und zwar folgt die Vertheilung der Spannungen keinem einfachen Gesetz, wie etwa an künstlichen Durchschnitten regelmässig gebauter willkürlicher Muskeln. Nur ganz im Allgemeinen zeigt sich, dass die Negativität gegen die natürliche Oberfläche hin abnimmt. Keineswegs aber lässt sich der Ort grösster Negativität mit Sicherheit vorausbestimmen. Bei dem höchst verwickelten Faserverlauf im Herzen kann diess nicht Wunder nehmen. Dazu kommt, dass die Schnittfläche in der Regel nicht ganz glatt, sondern höckerig ist, indem die der Schnittfläche mehr parallel verlaufenden Muskelbalken sich infolge des Erstarrens hervorwulsten, die senkrecht dazu laufenden sich zurückziehen. In Uebereinstimmung hiermit begegnet man bei

sehr spitzer Ableitung von der Schnittfläche nicht selten dicht beisammen Punkten von sehr beträchtlichem Spannungsunterschiede (0.01 D. und darüber). Kräfte von 0.08 D. können unter solchen Umständen gemessen werden. Hier mögen auch Neigungsströme im Spiele sein. Sehr deutlich können diese sich verrathen, wenn man direkt mittelst Thonspitzen (ohne Bindegewebsläppchen) spitz vom Querschnitt ableitet und nun beim allmähligen Schrumpfen des Herzens die an der Thonspitze klebende Muskelpartie kegelförmig hervorgezogen wird[1]).

Die natürliche Oberfläche der Kammer pflegt sich, wenn nirgends Beleidigungen stattfanden, ziemlich isoëlektrisch zu verhalten. Doch nimmt, wie zu erwarten, die Positivität überall nach dem künstlichen Durchschnitt hin ab. Da diese Einmischung des Querschnitts sich schon auf 1—2 Mm. Entfernung vom Schnittrande fühlbar macht, das Präparat selbst aber nur wenige Millimeter lang und breit ist, hat die Region höchster positiver Spannung oft nur unmessbar kleine Ausdehnung.

Aus alledem folgt für unseren vorliegenden Zweck, Ermittelung des zeitlichen Verhaltens der Kraft, die Nothwendigkeit, von der künstlichen Schnittfläche möglichst breit und vom natürlichen Längsschnitt in möglichst grosser Entfernung von der Wunde abzuleiten. In meinen Versuchen mass die ableitend berührte Fläche am Querschnitt durchschnittlich etwa 2—3 □ Mm., die am Längsschnitt etwa 1 □ Mm.

Unter solchen Umständen nun ist das Bild der Erscheinungen nach dem Anlegen des Schnittes ein sehr gleichförmiges: die Kraft sinkt ununterbrochen bis auf Null oder nahezu Null. Mitunter kommt während der ersten Minuten ein geringfügiges Steigen (um höchstens einige Procente) vor. Regel ist sofortiges Sinken. Diess geschieht in den ersten Minuten mit rasch wachsender, darauf längere Zeit konstant bleibender, endlich wieder abnehmender Geschwindigkeit. Näheres lehrt die folgende Tabelle. In den derselben zu Grunde liegenden Versuchen wurde die Kraft während der ersten 10—15 Minuten gewöhnlich von Minute zu Minute, später in längeren Zwischenräumen gemessen. Zwischen den Messungen war der Kreis geöffnet.

---

1) Vgl. E. du Bois-Reymond, Zusatz zur Lehre von den Neigungsströmen des Muskels. Berliner Monatsberichte 1866. Juni. S. 387.

Die elektromotorische Kraft des Froschherzens sank

binnen 5 Min.	im Mittel aus	40 Vers.	auf 64.1%	(Maxim.	86.7	Min. 45.9)
» 10 »	» »	» 27 »	» 48.3%	(»	69.1	» 5.0)
» 15 »	» »	» 17 »	» 32.9%	(»	47.1	» 0.0)
» 1 Stund.	» »	» 22 »	» 4.7%	(»	20.0	» —2.2)
» 24 »	» »	» 21 »	» 1.1%	(»	4.0	» —2.0)

Unter ganz gleichen Bedingungen sank die Kraft des M. sartorius vom Frosch [1])

binnen 1 Stunde	im Mittel aus	45 Vers.	auf 86.1%	(Maxim.	113.9	Min. 51.1%
„ 24 „	„ „	„ 47 „	„ 43.6 „	„	62.4	„ 8.3 „
„ 48 „	„ „	„ 15 „	„ 30.8 „	„	55.8	» 5.5 „

Die Dauerhaftigkeit des Muskelstromes erscheint hiernach noch grösser, als nach den Versuchen von du Bois-Reymond [2]). In diesen letzteren Versuchen, welche — und das erklärt vielleicht den Unterschied — im December im geheizten Zimmer angestellt wurden, sank die Kraft eines einzelnen querdurchschnittenen Oberschenkelmuskels (Sartorius und Gracilis) im Mittel aus 6 Beobachtungen binnen 30 Minuten auf etwa 0.75, binnen 60 Minuten auf 0.59 ihres anfänglichen Werthes. Immerhin aber erfolgte somit das Sinken noch sehr viel langsamer als am durchschnittenen Kammermuskel nach unseren Versuchen.

Man sieht sofort ein, dass dieser Unterschied in der Geschwindigkeit der Kraftabnahme beider Muskelarten eine ganz specifische Ursache haben muss. Offenbar darf man ihn nicht daraus erklären

---

1) Es wurde stets die Kraft gemessen zwischen einem 2 Mm. vom Beckenende angelegten reinen Querschnitt und dem natürlichen Längsschnitt im mittleren Drittel der Länge auf der breiten Vorderfläche des Muskels. Auch hier dienten stets zwei Mesenteriumlappen zur Ableitung. Die Versuche wurden im August, September und Oktober an mittelgrossen und grossen Exemplaren von R. esculenta angestellt, bei einer Zimmertemperatur zwischen 12 und 25° C. Die Präparation geschah in der Weise, dass den Fröschen mittelst einer vom Schädeldach aus eingeführten Nadel Gehirn und Rückenmark zerstört und darauf die Haut von der Beugeseite des Oberschenkels mit der Schere entfernt wurde, ohne Berührung der darunter liegenden Muskeln. Der Sartorius ward vom Knieende her lospräparirt. Muskeln die beim Durchschneiden in anhaltenden Tetanus verfielen, blieben unbenutzt. Sie kamen übrigens nur zweimal unter 50 Fällen vor. Zwischen den einzelnen Kraftmessungen lagen die Muskeln unberührt von den Elektroden auf einer Glasplatte in der feuchten Kammer.

2) E. du Bois-Reymond, Ueber die Erscheinungsweise etc. l. c. p. 208 flg.

wollen, dass der Herzmuskel unter den angegebenen Bedingungen viel schneller als die Stammmuskeln Reizbarkeit und Contraktililät einbüsse. Der in diesem Punkte vorhandene Unterschied, wenn er überhaupt besteht, was erst noch zu beweisen wäre, ist jedenfalls viel zu geringfügig. Zudem ist nichts leichter, als sich zu überzeugen, dass Herzpräparate, deren Kraft im Lauf von $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde auf Null gesunken, noch auf sehr schwache Reize mit sehr grossen, kräftigen Contraktionen reagiren können. Ein gewöhnlicher quergestreifter Muskel zeigt keine Spur von Reizbarkeit mehr, wenn die Kraft seines künstlichen Querschnittes auf Null abgenommen hat. Die Reizbarkeit kann hier sogar schon völlig unmerklich geworden sein, wenn die elektromotorische Kraft noch mehr als 30% des Anfangswerthes misst.

Dass beim Herzen ein ganz besonderer Umstand im Spiele ist, wird sofort durch die im Eingange bereits erwähnte Thatsache bewiesen, dass Anfrischen des Querschnitts die Kraft des Herzens sofort sehr beträchtlich hebt, bezüglich die bereits verschwundene wieder hervorruft, wie denn überhaupt jeder neue Querschnitt, gleichviel wie und wo er angelegt wird, sich stark negativ gegen einen vor längerer Zeit angefertigen Schnitt verhält. Sicher tritt dieser Erfolg ein, so lange das Herz noch reizbar ist, aber auch späterhin bleibt das Anfrischen noch lange Zeit im selben Sinne wirksam. Unter den gleichen Bedingungen vermag Anfrischen des Querschnitts die einmal gesunkene Kraft gewöhnlicher Muskeln nicht oder doch nur unbeträchtlich zu heben.

Die Kraft der Froschherzkammer hob sich infolge des Anfrischens

in 6	Versuchen	nach	5–15	Min.	von	27.0%	auf	100.8%	Zuwachs	+ 73.8%
» 8	»	»	30	»	»	5.8 »	»	64.8 »	»	+ 59.0 »
» 22	»	»	1	Std.	»	4.7 »	»	70.7 »	»	+ 66.0 »
» 5	»	»	4	»	»	3.8 »	»	45.3 »	»	+ 42.5 »
» 13	»	»	24	»	»	2.9 »	»	47.2 »	»	+ 44.3 »

Wie man sieht, ist der durch das Anfrischen bewirkte Kraftzuwachs zu jeder Zeit positiv und zugleich höchst bedeutend, wenn schon die durch das Anfrischen zu erzielende Kraft — wir wollen sie die latente nennen, im Gegensatz zu der manifesten des vorhergehenden Querschnitts — im Laufe der Zeit abnimmt. Nicht nur der durchschnittliche Zuwachs war zu den angegebenen Zeiten stets positiv, sondern auch der Zuwachs in jedem einzelnen Falle. Die beobachteten Maxima und Minima des Zuwachses betrugen beim

Anfrischen nach 5—15 Min. 122.4 resp. 42.0, nach 30 Min. 101.7 resp. 41.6, nach 1 Stunde 141.0 resp. 40.0, nach 4 Stunden 55.2 resp. 34.3, nach 24 Stunden 73.6 resp. 22.1 % des anfänglichen, unmittelbar nach Präparation des Herzens und Anlegen des ersten Schnittes [1]) gemessenen Kraftwerthes.

Ohne Zweifel würde der Zuwachs durchschnittlich noch bedeutender ausgefallen sein, wenn nicht durch das Abtragen von Muskelsubstanz beim Anfrischen das ohnehin schon kleine Präparat noch verkürzt und dadurch die Ableitungsstelle am Längsschnitt in höherem Maasse der Einmischung des Querschnitts ausgesetzt worden wäre. Mit Rücksicht auf diesen Umstand verdient es besondere Betonung, dass niemals nach dem Anfrischen ein geringerer Kraftwerth als zuvor beobachtet ward.

Ueber den Einfluss, den das Anfrischen des Querschnittes auf die gesunkene Kraft gewöhnlicher Muskeln ausübt, liegen ältere und neuere Mittheilungen von du Bois-Reymond vor. Die älteren Versuche schienen für eine Hebung der Kraft durch das Anfrischen zu sprechen. Späterhin überzeugte sich du Bois-Reymond, dass hier eine Täuschung durch Polarisation der Elektroden vorlag. »Ich finde jetzt«, sagt er [2]), »dass nach Anfrischen des Querschnittes der Strom zuweilen genau dieselbe Grösse zeigt wie vorher; andere Male bemerkt man eine geringe Abnahme, noch andere Male eine geringe Zunahme. Allein diese Schwankungen sind nicht grösser als die — —, die sich beim blossen Abheben und Wiederauflegen ohne Erneuerung des Querschnittes kundgeben.«

Meine eigenen Versuche lehrten, dass es hier sehr auf die Bedingungen ankommt, unter denen sich die Muskeln nach dem Anlegen des ersten Querschnitts befinden. Unter den nämlichen Bedingungen, wie in den entsprechenden, eben mitgetheilten Versuchen am Herzen, bei Muskeln also die dem soeben durch Zerstörung der grossen Centra getödteten Thiere entnommen und auf einer Glasplatte im vollkommen feuchten Raume bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt wurden, erweist sich im Mittel aus einer grösseren Zahl von Beobachtungen das Anfrischen allerdings, wenn auch nicht absolut, so doch im Vergleich zum Herzen wirkungslos.

---

1) Der erste Schnitt war in allen Fällen parallel der Basis der Kammer geführt. Das Anfrischen geschah durch Abtragen einer möglichst dünnen Schicht mittelst der Scheere.

2) Ueber die Erscheinungsweise u. s. w. l. c. p. 307.

Diess lehrte die folgende Tabelle, welche die Resultate einiger im Mai und October am Sartorius gesunder mittelgrosser Exemplare von Rana esculenta angestellter Versuchsreihen enthält. Der künstliche Querschnitt wurde in 2—4 Mm. Entfernung vom obern, seltener vom unteren Ende des Muskels angelegt, der abgeleitete Längsschnittspunkt lag 12—15 Mm. vom Querschnitt, so dass dieser auch nach dem Anfrischen (durch Abtragen einer 1—2 Mm. dicken Muskelscheibe) sich nicht wohl störend einmischen konnte. Vom Querschnitt wurde selbstverständlich so breit wie möglich, vom Längsschnitt in einer Ausdehnung von etwa 3 □Mm. abgeleitet.

Es sank, resp. stieg nun die Kraft des Sartorius infolge des Anfrischens

in 27	Versuchen	nach	1	Stunde	von	82.9	auf	80.1%	Zuwachs	— 2.8
» 33	»	»	24	»	»	38.7	»	42.6%	»	+ 3.9
» 15	»	»	48	»	»	30.8	»	31.3%	»	+ 0.5

In den 27 Versuchen nach 1^h war der Zuwachs 19 mal negativ, 3 mal positiv, 5 mal unmerklich; nach 24 Stunden erwies er sich unter 33 Fällen nur 3 mal negativ, dagegen 29 mal positiv, 1 mal unmerklich. Von den 15 Versuchen nach 48 Stunden ergaben 5 negativen, 6 positiven, 4 unmerklichen Zuwachs. — Die Maxima und Minima des Zuwachses betragen beiläufig nach 1 Stunde + 6.2 und — 9.7, nach 24^h + 9.4 und — 3.1, nach 48^h + 6.1 und — 2.8% des Anfangswerthes.

Hier zeigt sich also nur nach 24 Stunden langem Liegen des Muskels in der feuchten Kammer eine unzweifelhafte Hebung durch das Anfrischen. Sie ist jedoch im Vergleich zu der beim Herzen beobachteten Wirkung so unbedeutend, dass wir sie vorläufig ausser Acht lassen dürfen.

Mit Sicherheit lässt sich jetzt soviel behaupten, dass das Sinken der Kraft künstlicher Durchschnitte des Froschherzens eine allgemeine, an allen Punkten der Muskelsubstanz wirksame und eine örtliche, am Querschnitt wurzelnde Ursache haben muss. Die erstere ist ohne Zweifel in der Selbstzersetzung der Muskelsubstanz zu suchen, die nach Entfernung des Herzens aus dem Körper unaufhaltsam fortschreitet und wie zur Vernichtung der Reizbarkeit und Contraktilität schliesslich auch zur Vernichtung der elektromotorischen Wirksamkeit führen muss. Dass innere Polarisation nicht merklich im Spiele ist, war von vorneherein sehr wahrscheinlich. Ich unterliess jedoch nicht, mich durch besondere Versuche hiervon zu

vergewissern, wobei ich mich nur derselben Versuchsweise zu bedienen brauchte, welche du Bois-Reymond[1]) zur Ermittelung eines etwaigen Einflusses der inneren Polarisation auf das Sinken der Kraft gewöhnlicher Muskeln anwandte. Es wurden dementsprechend an Herzen, die sich unter übrigens möglichst gleichen Bedingungen befanden, vergleichende Versuchsreihen über das Sinken der Kraft zwischen künstlichem Querschnitt an der Basis und natürlichem Längsschnitt an der Spitze während der ersten halben Stunde nach Anlegen des Schnittes angestellt, wobei entweder 1) der Kreis dauernd geschlossen gehalten, oder 2) dauernd offen gelassen wurde (ausser zu den Zeiten der Kraftmessung) oder 3) der Kreis dauernd geschlossen war aber die Kraft beständig compensirt wurde, oder 4) das Herz nur von Zeit zu Zeit in möglichst gleicher Weise ableitend berührt ward, oder endlich 5) der Kreis abwechselnd fünf Minuten geschlossen und fünf Minuten offen gehalten wurde. In allen Fällen wurde die Kraft von fünf zu fünf Minuten gemessen. Der Verlauf des Sinkens erwies sich nun bei allen fünf Versuchsweisen im Durchschnitt aus je fünf Versuchen gleich. Nach Ablauf einer halben Stunde mass die Kraft im Mittel aus jeder Versuchsreihe etwa 10—15 % des Anfangswerthes.

Diese Versuche lehren nun zugleich, dass die örtliche, am Querschnitt wurzelnde Ursache der Kraftabnahme nicht in einer äusseren Polarisation gesucht werden darf. Welches ist nun aber diese Ursache, deren Wirkung sich so ausserordentlich viel schneller und stärker geltend macht als die, welche von der allgemeinen Selbstzersetzung der Herzsubstanz herrührt?

Es ist von vorneherein unwahrscheinlich, dass sie in einer Eigenthümlichkeit der Substanz der Herzmuskelelemente begründet sei. Diese Substanz zeigt sich im Mikroskop in derselben Weise wie die gewöhnlicher Muskelfasern aus abwechselnden Lagen einfach und doppelt brechender Theilchen zusammengesetzt, in welchen wie bei jenen noch Querscheiben, Mittelscheibe und Zwischenscheibe mit ihren Eigenthümlichkeiten zu erkennen sind. Ebensowenig wie aus dem morphologischen lässt sich aus dem physikalischen Verhalten, der chemischen Struktur oder den physiologischen Erscheinungen der Herzmuskelsubstanz eine Berechtigung herleiten zur Erwartung so bedeutender und eigenthümlicher Unterschiede im elektromoto-

1) Ueber die Erscheinungsweise u. s. w. l. c. p. 269.

rischen Verhalten, wie sie zwischen Herz und gewöhnlichen Muskeln bestehen, um so weniger als die postmortalen Veränderungen der latenten elektromotorischen Kraft für beide Arten von Muskelelementen, wie die oben mitgetheilten Tabellen lehren, im Wesentlichen übereinstimmen. Die latente Kraft des Herzens sank binnen 24 Stunden auf 47.2, die des Sartorius in derselben Zeit auf 43% des Anfangswerthes. Wir sind somit verpflichtet, ehe wir eine grundsätzliche Verschiedenheit in der Substanz beider Arten quergestreifter Muskelelemente zur Erklärung ihres abweichenden elektromotorischen Verhaltens annehmen, uns nach anderen Erklärungsmöglichkeiten umzusehen.

An die unlängst von du Bois-Reymond[1]) beschriebene »terminale Nachwirkung« darf natürlich nicht gedacht werden, schon darum nicht, weil die Herzpräparate während der ganzen Versuchsdauer kein einziges Mal zur Zusammenziehung veranlasst wurden. Auch vermisste du Bois-Reymond die terminale Nachwirkung bei künstlichen Querschnitten.

Dagegen ergiebt sich nun eine, wie mir scheint, völlig genügende und ungezwungene Erklärung aus der Betrachtung folgender Thatsachen. Das Herz unterscheidet sich von anderen quergestreiften Muskelmassen ausser durch den höchst verwickelten Faserverlauf, der hier von keiner entscheidenden Bedeutung sein kann, sehr wesentlich durch die ausserordentlich viel geringere Grösse seiner morphologischen Elemente: es besteht aus mikroskopisch kleinen Zellen, gewöhnliche Muskeln aus durchschnittlich hundert und mehr mal längeren Fasern. Wie ich früher[2]) nachgewiesen habe, verhalten sich die einzelnen Muskelzellen des Ventrikels, obschon während des Lebens physiologisch leitend miteinander verbunden, beim Absterben als durchaus selbständige Individuen. Es gilt für die Kammermuskulatur dasselbe Gesetz[3]), wie für andere animale Zellenketten (glatte Muskeln, Nervenfasern, Flimmerepithelien): die einzelnen Zellen vermögen sich zwar während des Lebens den Erregungsvorgang durch Contakt mitzutheilen, sterben aber jede für sich ab.

---

1) Ueber die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung. Archiv für Anatomie und Physiologie u. s. w. 1876 pag. 134 ff.

2) Ueber die Leitung der Erregung im Herzmuskel. Dies Archiv Bd. 11. 1875. S. 465.

3) Ibid. S. 475. Vgl. ferner: Ueber Degeneration von Nervenfasern. Dies Archiv Bd. 13. 1876. S. 474 ff.

Der Tod schreitet nicht von Zelle auf Zelle fort. Der durch den Schnitt hervorgerufene Erstarrungsprocess wird somit beim Herzen in sehr geringer Entfernung von der Wunde zum Stehen kommen, also aller Wahrscheinlichkeit nach sehr viel früher abgelaufen sein, als bei gewöhnlichen Muskeln, wo er im Allgemeinen eine ausserordentlich viel längere Strecke zu durchlaufen hat, ehe er das Ende der verletzten Fasern erreicht. Nur unter dieser Annahme erklärt sich u. a. die Thatsache, dass mikroskopisch kleine, isolirt in Serum aufbewahrte Herzmuskelstückchen vom Frosch viele Stunden, ja einige Tage lang noch reizbar bleiben können, ferner das stundenlange Fortbestehen der Reizbarkeit in den mikroskopisch dünnen Muskelbrückchen in dem früher von mir beschriebenen Versuche, welcher die direkte Uebertragung der Erregung im Herzmuskel von Zelle auf Zelle beweist. Dass es wirklich die natürlichen Zelloberflächen sind, an welchen der Erstarrungsprocess zum Stehen kommt, musste schon desshalb angenommen werden, weil — wenigstens an der Ernährung durch das Blut entzogenen Präparaten wie den unsrigen — jeder Grund fehlt, wesshalb die Starre innerhalb der einzelnen, durch die Verletzung partiell getödteten Zellen zum Stillstand kommen sollte. Bei gewöhnlichen Muskelfasern, die dem Kreislauf entzogen sind, geschieht diess nicht und ebenso lässt es sich bei Nervenfasern auf's Handgreiflichste nachweisen, dass es erst die Zellengrenzen (Ranvier's Einschnürungen) sind, welche dem von der Wunde aus fortschreitenden Tode Einhalt thun. Zudem lässt sich auch für's Herz dasselbe mikroskopisch nachweisen, obschon die Untersuchung hier mühsamer ist und aus naheliegenden Gründen nicht zu so schlagenden Bildern führen kann wie bei den markhaltigen Nerven. Untersucht man nämlich $^1/_2$ bis 1^h nach Anlegen eines Schnittes oder später, die unmittelbar an dem Schnitt gelegenen erstarrten Partien des Herzfleisches in indifferenten Flüssigkeiten oder Osmiumsäure von $1^0/_0$, so zeigen sich hier alle oder doch die meisten Zellen sehr deutlich als ziemlich stark lichtbrechende auch wohl trübe Spindeln, durch mitunter messbar breite, helle Linien (den optischen Ausdruck von Spalten) von einander getrennt. Offenbar sind die Zellen beim Erstarren auf ein kleineres Volumen zusammengeschrumpft, jede als ein Ganzes für sich, und haben dabei Flüssigkeit (Muskelserum) zwischen sich ausgepresst. Aber schon in geringer Entfernung, oft nur $^1/_4$—$^1/_2$ Mm. von der Schnittfläche, erscheinen noch viele Stunden ja einen Tag und länger

nach Anlegen des Schnittes, die Muskelbalken wie im ganz normalen reizbaren Zustande homogen, ohne Andeutungen der Zellengrenzen. Die erstarrte und normale Partie grenzen sich mittelst der Zellenumrisse scharf von einander ab. Ohne Zweifel also wird die Demarkationsfläche zwischen lebendiger und todter Muskelsubstanz schliesslich durch die natürlichen Oberflächen der nicht direkt verletzten Zellen gebildet.

In diesen Thatsachen liegt nun der Schlüssel zur Erklärung des raschen Sinkens der Negativität und der günstigen Wirkung des Anfrischens künstlicher Durchschnitte des Froschherzens. Und zwar erscheint es zunächst ziemlich, wenn schon nicht völlig, gleichgültig ob man sich bei diesem Erklärungsversuche auf den Standpunkt der Molekularhypothese stellt oder mit Hermann im Contakt absterbender und lebendiger Muskelsubstanz die Elektricitätsquelle sucht. Hermann's Hypothese ist insofern entschieden im Vortheil als sie ohne irgend welche weitere Voraussetzungen die Erscheinungen erklärt. Denn es versteht sich nach ihr von selbst, dass mit dem allmählichen Erlöschen des Absterbens am Querschnitt auch die Elektricitätsentwicklung allmählich erlöschen muss, wie es sich nach ihr auch von selbst versteht, dass Anfrischen, falls der Schnitt in's noch nicht Erstarrte fällt, die Kraft wieder hervorrufen, bezüglich heben muss.

Die Erklärung vom Standpunkt der Molekularhypothese gestaltet sich verwickelter. Nachdem die verwundeten Zellen abgestorben und damit elektromotorisch unwirksam geworden sind, kommen die zunächst darunter liegenden Zellen mit ihren der Schnittfläche zugekehrten natürlichen Oberflächen zur Wirkung. Diese Oberflächen sind zum Theil natürliche Längsschnitte[1]) (am reinsten an den der Wunde parallel verlaufenden Fasern), zum Theil natürliche Querschnitte (am reinsten an den senkrecht auf der Demarkationsfläche stehenden Zellen). Setzen wir den für die Molekularhypothese denkbar ungünstigsten einfacheren Fall, dass alle Zellen senkrecht zur Schnittfläche stünden. Man hätte es dann am Querschnitt mit der Wirkung aller in die abgestorbene Substanz hineinragenden Zellenhälften zu thun. Jede einzelne Muskelzelle

1) Strenger natürliche Schrägschnitte, wegen der im Allgemeinen spindelförmigen Gestalt der Zellen.

kann man sich der Einfachheit halber als einen schlanken Doppelkegel denken, dessen beide Spitzen durch eine sehr kleine Fläche quer abgestutzt sind. An einem solchen Elemente würde der Aequator (der Umfang der gemeinschaftlichen Basis der beiden Kegel) das Maximum der positiven, jede Spitze ein Maximum negativer Spannung zeigen müssen. Auf dem Kegelmantel würde wegen der treppenförmigen Anordnung und der dadurch bedingten säulenartigen Wirkung der oberflächlichen Moleküle die positive Spannung vom Aequator nach den Spitzen zu allmählich abnehmen müssen. Es würden also an der Wunde nach Ausbildung der definitiven Demarkationsfläche die Endflächen der Kegel als reine Querschnitte, und die Kegelmäntel als Schrägschnitte zur Wirkung kommen. Da die Kegel, wie das Mikroskop lehrt, im Allgemeinen sehr spitz, also mit nahezu punktförmigen Endflächen endigen, und durch verhältnissmässig breite, mit leitender unwirksamer Masse (der Substanz der abgestorbenen Zellen) gefüllte Zwischenräume von einander getrennt sind, wird der von der Negativität der Endflächen herrührende Antheil an der Negativität des Gesammtquerschnitts absolut genommen nur gering sein können. Und dasselbe muss, nur in noch viel höherem Maasse, auch von dem von den Kegelmänteln herrührenden Antheile gelten, da diese, obschon Schrägschnitte, doch, wegen ihrer äusserst geringen Neigung gegen die Längsaxe der Zellen, reinen Längsschnitten nahezu gleich gesetzt werden dürfen. Bedenkt man nun, dass in Wirklichkeit nur ein Theil der Zellen und meist wohl nur ein kleiner Theil in der hier vorausgesetzten wirksamsten Anordnung, senkrecht zum Gesammtquerschnitt, gelagert ist, so scheint es als ob man nicht noch besonderer Hilfsannahmen bedürfte um vom Standpunkt der Molekularhypothese aus das rasche Sinken der Kraft auf einen kleinen Bruchtheil der durch Anfrischen noch zu erzielenden Grösse zu erklären. Wenn gleichwohl Jemand unter Berufung auf die grosse Kraft frischer Durchschnitte behaupten wollte, dass trotz aller angeführten Umstände der künstliche Durchschnitt immer noch merklich negativ bleiben müsse, so lange eine erhebliche latente Kraft vorhanden sei, so würde man ihn vom Standpunkt der Molekularhypothese aus nicht schlagend widerlegen, wohl aber nun mit der neuen Annahme bekämpfen können, dass jede einzelne unversehrte Zelle wenigstens an ihren Endflächen mit einer parelektronomischen Schicht bekleidet sei.

In der That wird eine solche Annahme von jenem Standpunkte aus unabweislich, wenn man nicht beim Froschherzen stehen bleibt, sondern auch die Herzen anderer Thiere, ferner die glatten Muskeln und insbesondere die Nervenstämme in den Kreis der Untersuchung zieht. Alle diese Organe sind nach demselben Princip wie das Froschherz aus kurzen, isolirt absterbenden Zellen aufgebaut. Bei ihnen allen wird man es also einige Zeit nach Anlegen eines Querschnittes an der Wundfläche nur oder doch wesentlich mit der Wirkung der zunächst unter den abgestorbenen Zellen liegenden unversehrten Elemente zu thun haben. Man wird also aus der Untersuchung des postmortalen Verhaltens der Kraft und insbesondere des Erfolges des Anfrischens künstlicher Querschnitte Aufschluss über die elektromotorischen Eigenschaften der unversehrten Zellenoberflächen im Inneren der genannten Gewebe erwarten dürfen. Wir wenden uns dem entsprechend zur Lösung dieser Aufgabe.

Versuche am Herzen anderer Thiere.

In Betreff der Versuchsweise gilt das beim Frosch Gesagte. Die Thiere wurden dekapitirt und das Herz so schnell und so vorsichtig wie möglich herausgenommen und unterhalb der Vorkammergrenze durchschnitten um die spontanen Zuckungen zu sistiren. Nur die Ventrikel wurden geprüft. Bei einer Anzahl von Thieren wurden vergleichshalber die zeitlichen Aenderungen der Kraft künstlicher Querschnitte an den gewöhnlichen Muskeln mit untersucht.

Im Allgemeinen ergab sich dasselbe wie beim Frosch: erstens erheblich schnelleres Sinken der manifesten Kraft des Herzens als der Kraft gewöhnlicher Muskeln, zweitens beim Herzen sehr beträchtliche Hebung der Kraft durch Anfrischen des Querschnitts, Wirkungslosigkeit dieser Operation bei den gewöhnlichen Muskeln.

Das erstere Resultat erhellt aus einer Vergleichung der folgenden beiden Tabellen.

Es sank die Kraft zwischen künstlichem Querschnitt an der Basis und der natürlichen Oberfläche an der Spitze des Herzens von

Anguilla fluvia-	in 1 Versuch	binnen 5 Min.	auf 41.1 %	des Anfangswerthes.
tilis	» 1	»	» 10 »	» 18.1
Ek[1]) = 0.0265 D.	» 1	»	» 15 »	» 2.7

1) Hier und im Folgenden wird durch Ek immer der durchschnittliche Anfangswerth der Kraft, wie er sich als Mittel aus allen in die Tabelle aufgenommenen Versuchen ergab, verstanden.

	Versuche		Zeit		Wert	Max.	Min.
Triton cristatus Ek=0.0124 D.	in 1	Versuch	binnen 5	Min.	auf 36.3% des Anfangswerthes.		
Tropidonotus natrix	» 1	»	» 5	»	» 77.7		
	» 1	»	» 10	»	» 63.9		
Ek=0.036 D.							
Testudo graeca	» 1	»	» 5	»	» 77.3		
Ek=0.022 D.	» 1	»	» 30	»	» 36.4		
Columba livea	» 6	»	» 5	»	» 66.0	Max. 75.1	Min. 55.5
Ek=0.0458 D.	» 9	»	» 10	»	» 44.8	» 68.1	» 8.3
	» 4	»	»10-20	»	» 43.1	» 55.6	» 25.0
Cygnus olor	» 1	»	» 5	»	» 50		
Ek=0.0168 D.	» 1	»	» 10	»	» 45.9		
	» 1	»	» 20	»	» 35.0		
Mus musculus	» 7	»	» 5	»	» 35.0	» 58.9	» 25.6
var. albino	» 8	»	» 10	»	» 19.0	» 42.8	» 0.0
Ek=0.040 D.	» 7	»	» 15	»	» 12.7	» 19.0	» 0.0
	» 3	»	» 30	»	» 6.6	» 12.9	» 0.0
Mus rattus	»14	»	» 5	»	» 53.3	» 86.3	» 28.9
var. albino	»14	»	» 10	»	» 33.2	» 55.3	» 23.7
Ek=0.0446 D.	»10	»	» 15	»	» 20.9	» 38.2	» 6.1
Lepus cuniculus	»11	»	» 5	»	» 79.5	» 88.7	» 44.7
Ek=0.0363 D.	»10	»	» 10	»	» 60.4	» 79.2	» 24.5
	» 9	»	» 15	»	» 42.0	» 64.6	» 19.2
	» 5	»	»30-60	»	» 26.7	» 31.3	» 20.4

Dagegen sank resp. hob sich unter möglichst gleichen Umständen die Kraft zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt gewöhnlicher Muskeln [1]) bei

	Versuche		Zeit		Wert	Max.	Min.
Anguilla fluviatilis (Seitenrumpf-muskeln	in 7	Vers.	binnen 5	Min.	auf 93.9	Max. 120.0	Min. 75.0
	» 7	»	» 10	»	» 79.9	» 111.0	» 50.0
	» 7	»	» 15	»	» 79.4	» 120.0	» 45.0
Ek=0.0276 D.	» 7	»	» 75	»	» 48.4	» 63.3	» 18.8
Testuda graeca	» 2	»	» 5	»	» 102.7	» 108.5	» 96.9
(Brustmuskeln)	» 2	»	» 10	»	» 104.7	» 113.3	» 96.1
Ek.=0.0291 D.	» 2	»	» 15	»	» 104.1	» 113.0	» 95.2
	» 2	»	» 20	»	» 102.4	» 111.1	» 93.8
	» 1	»	» 40	»	» 91.6		
	» 1	»	» 2	Std.	» 57.7		
	» 2	»	» 24	Min.	» 27.5	» 28.4	» 26.6

1) Den Muskelpräparaten wurden durchschnittlich die Dimensionen eines grossen Froschventrikels gegeben.

Columba livea	in 3 Vers.	binnen 5 Min.	auf 84.5	Max. 85.3	Min. 83.5
Brust- u. Oberschen-	» 3 »	» 10 »	» 70.5	» 71.2	» 69.7
kelmuskeln	» 3 »	» 15 »	» 62.0	» 63.1	» 60.6
Ek=0.076 D.	» 3 »	» 20 »	» 53.6	» 55.7	» 51.9
	» 5 »	» 60 »	» 22.6	» 33.6	» 15.4
Mus musculus	» 4 »	» 5 »	» 88.7	» 105.6	» 80.4
var. albino Ober-	» 4 »	» 10 »	» 89.7	» 104.2	» 83.7
schenkelmuskeln	» 4 »	» 15 »	» 79.7	» 88.9	» 67.4
Ek=0.030 D.	» 4 »	» 4 Std.	» 16.5	» 34.7	» 8.8
Mus rattus	» 6 »	» 5 Min.	» 88.5	» 98.4	» 82,4
var. albino	» 6 »	» 10 »	» 81.9	» 89.1	» 73.2
Adduktoren des	» 6 »	» 15 »	» 77.4	» 83.3	» 69.5
Oberschenkels	» 6 »	» 60 »	» 52.0	» 67.2	» 45.8
Ek=0.0424 D.					
Lepus cuniculus	» 8 »	» 5 »	» 80.8	» 93.9	» 71.8
Adduktoren des	» 8 »	» 10 »	» 72.4	» 82.5	» 54.9
Oberschenkels	» 8 »	» 15 »	» 63.5	» 74.8	» 49.3
Ek=0.0423 D.	» 8 »	» 60 »	» 42.6	» 60.2	» 19.1
	» 8 »	» 24 Std.	» 0.0	» 0.0	» 0.0

Infolge des Anfrischens, durch Abtragen einer dünnen Scheibe Muskelsubstanz mit der Scheere, hob sich die Kraft des Herzens von

Anguilla	in 1 Vers.	nach 15 Min.	von 2.7 %	auf 71.7 %	Zuwachs +69.0 %
fluviatilis.	» 1 »	» 30 »	» 0.0 »	» 53.6 »	» +53.6 »
	» 1 »	» 1h 30 »	» 0.0 »	» 43.4 »	» +43.4 »
Triton cristatus.	» 1 »	» 5 »	» 36.3 »	» 65.7 »	» +29.4 »
Tropidonotus natrix.	» 1 »	» 20 »	» 61.1 »	» 108.9 »	» +47.8 »
	» 1 »	» 1h 20 »	» 11.0 »	» 50.5 »	» +49.5 »
	» 1 »	» 2h »	» 2.5 »	» 39.1 »	» +36.6 »
	» 1 »	» 4h »	» 0.0 »	» 11.1 »	» +11.1 »
Testudo	» 1 »	» 35 »	» 32.7 »	» 53.6 »	» +20,9 »
graeca.	» 1 »	» 50 »	» 22.7 »	» 44.5 »	» +21.0 »
Cygnus	» 1 »	» 20 „	» 35.0 »	» 91.4 »	» +56.4 »
olor.	» 1 »	» 45 »	» 30.0 »	» 68.3 »	» +38.3 »
Pica caudata.	» 1 »	» 20 »	» 0.0 »	» 23.3 »	» +23.3 »
Columba	» 4 »	» 10—20 »	» 43.1 »	» 60.9 »	» +17.8 »
livea.	» 4 »	» 30 »	» 0 »	» 4.2 »	» + 4.2 »
Ek=0.0478 D.					

Mus mus-	in 2 Vers.	nach 10—15 Min.	von 4.8 %	auf 11.9 %	Zuwachs	+ 7.1 %
culus var.	» 2 »	» 15—20 »	» 25.0 »	» 47.8 »	»	+22.8 »
albino	» 1 »	» 45 »	» 15.3 »	» 31.2 »	»	+15.9 »
Ek=0.04 D.	» 1 »	» 60 »	» 11.9 »	» 21.5 »	»	+10.6 »
Mus rattus	» 2 »	» 10—20 »	» 19.2 »	» 58.8 »	»	+39.6 »
var. albino	» 3 »	» 20—30 »	» 24.8 »	» 64.6 »	»	+39.8 »
Ek=0.0446 D.	» 3 »	» 30—60 »	» 11.8 »	» 55.2 »	»	+43.4 »
	» 3 »	» 1h—2h	» 8.9 »	» 42.1 »	»	+33.2 »
Lepus	» 3 »	» 10—20 »	» 40.9 »	» 59.2 »	»	+18.3 »
cuniculus	» 2 »	» 20—30 »	» 27.9 »	» 71.7 »	»	+43.8 »
Ek=0.0354 D.	» 5 »	» 30—60 »	» 25.5 »	» 48.1 »	»	+22.6 »

Hingegen gab das Anfrischen gewöhnlicher Muskeln unter übrigens gleichen Umständen entweder negativen oder nur unmerklichen positiven Zuwachs der Kraft: diese sank nämlich, bezüglich stieg infolge des Abtragens einer etwa 1—2 Mm. dicken Scheibe am Querschnitt bei

Columba	in 3 Vers.	nach 20 Min.	von 53.6 %	auf 45.4 %	Zuwachs	— 8.2
livea Ober-	» 5 »	» 60 »	» 22.6 »	» 20.3 »	»	— 2.3
schenkelmuskeln.						
Ek=0.0760 D.						
Mus muscu-	» 4 »	» 15 »	» 79.7 »	» 71.5 »	»	— 8.2
lus var. albino.	» 4 »	» 4 Std.	» 16.5 »	» 4.8 »	»	— 11.7
Oberschenkelmuskeln.						
Ek=0.030 D.						
Mus rattus	» 3 »	» 65 Min.	» 50.7 »	» 42.5 »	»	— 8.2
var. albino.						
Adduktoren des Oberschenkels.						
Ek=0.0402 D.						
Lepus cuni-	» 7 »	» 15 »	» 65.9 »	» 66.3 »	»	+ 0.4
culus. Adduk-	» 5 »	» 60 »	» 48.1 »	» 47.2 »	»	— 0.9
toren d. Oberschenkels.						
Ek=0.045 D.						

Die in der letzten Tabelle fast ausnahmslos sich zeigende Kraftabnahme beruhte ohne Zweifel wesentlich nur auf der Verkleinerung der Präparate infolge des Anfrischens. Hiermit stimmt, dass der negative Zuwachs beim Kaninchen fast unmerklich ist. Die von

diesem stammenden Präparate waren nämlich so gross gewählt (2 Ctm. lang), dass das abgeleitete, zwischen den Elektroden befindliche Stück durch das Anfrischen nur um einen kleinen Bruchtheil seiner Länge verkürzt wurde. Die kleinsten Präparate (von der Maus) zeigen die stärkste Schwächung.

Ohne Zweifel muss sich derselbe Umstand auch bei den meist kleinen Herzpräparaten geltend machen. Trotzdem zeigt sich ausnahmslos ein positiver und zwar in der Regel ein höchst bedeutender positiver Zuwachs. Ohne Zweifel war demnach die manifeste Kraft zur Zeit des Anfrischens auf einen noch kleineren Bruchtheil der (gleichen Dimensionen des Präparates entsprechenden) latenten Kraft gesunken, als unsere Versuchszahlen ergeben. Dieser letztere Bruchtheil aber ist nun schon in vielen Fällen so gering, dass seine Kleinheit vom Standpunkt der Molekularhypothese, wenigstens bei Vögeln und Säugern, nicht anders als unter Zuhilfenahme von Parelektronomie der an der Demarkationsfläche wirksamen Zellen verständlich ist.

Wie bekannt sind bei Vögeln und Säugern die Kammermuskelzellen nicht lang und spindelförmig wie bei Fröschen und Fischen, sondern kurz, mehr cylindrisch, mit breiten zur Längsaxe senkrechten Endflächen. Auf einem wesentlich senkrecht zum Faserverlauf geführten Schnitt wird also die Demarkationsfläche nicht von langen spitzen, sondern von kurzen breit abgestutzten Zähnen gebildet sein. Es werden also wesentlich die breiten Endflächen dieser Zähne und der die Zwischenräume zwischen denselben nach der Tiefe zu begrenzenden Zellen als ebensoviel reine Querschnitte nach aussen wirken. In Wirklichkeit sind nun freilich diese Bedingungen wegen des verwickelten Faserverlaufes nie streng erfüllt. Nahezu sind sie jedoch realisirt, wenn man beim Kaninchen oder der Ratte an dem etwa zwei Millimeter unterhalb der Querfurche quer abgeschnittenen Herzen einen Schnitt parallel zur Längsaxe des Herzens senkrecht durch die vordere Wand des linken Ventrikels legt und nun etwa von der Mitte des der Basis zugekehrten Drittels dieser Schnittfläche als Querschnitt ableitet. Das Mikroskop zeigt, dass hier in einer Ausdehnung von mehreren Quadratmillimetern wesentlich reine Querschnitte (von Circularfasern) vorliegen. Die zu den Versuchen der obigen Tabelle benutzten Präparate waren von dieser Art. Trotzdem hob sich die Kraft beim Anfrischen auf die zwei-, drei- ja mehrfache Höhe.

Auffällig könnte scheinen, dass bei Säugern und Vögeln die manifeste Kraft des Herzens zu einer Zeit, in der sie beim Frosch fast ganz geschwunden scheint, häufig noch auf nicht unbeträchtlicher Höhe gefunden wurde, u. a. beim Kaninchen nach 30—60 Min. noch auf einem Viertel des Anfangswerthes. Man sollte bei der geringeren Länge der Zellen und der kürzeren Dauer des Ueberlebens der Gewebe der Warmblüter eher das Gegentheil erwarten. Das Auffällige verschwindet jedoch wie mir scheint, wenn man bedenkt, dass die Form der Zellen und ihre eben erwähnte Anordnung an der Schnittfläche für die Erhaltung der Wirkung nach aussen vergleichsweise günstiger erscheint, als bei Kaltblütern, namentlich aber, wenn man sich der Thatsache erinnert, dass die Zellen der Herzmuskulatur bei Warmblütern (wenigstens bei den erwachsenen Thieren) viel inniger als bei den niederen Wirbelthieren miteinander zusammenhängen. Schon frühere Beobachter haben betont, dass die Herzmuskelsubstanz bei den ersteren Thieren viel weniger leicht in ihre einzelnen Zellen zerfällt, als bei den letzteren. Beim spontanen Absterben ist dieser Zerfall durchaus nicht deutlich und unter Anwendung der besten chemischen Isolirungsmethoden (Kalilauge von 35 %, starke Salpetersäure) tritt er weniger vollständig und rein ein als bei Fröschen und Fischen. So mag denn beim Herzen der Warmblüter, wenn wie an unseren Präparaten die Ernährung vom Blut aus aufgehört hat, ein Fortschreiten des Absterbens von Zelle auf Zelle, ein Anätzen der tieferen Zellenschicht von den primär infolge des mechanischen Insults erstarrenden Zellen, leichter, bezüglich in stärkerem Grade vorkommen, als bei den so leicht aus dem Contakt sich lösenden Faserzellen des Herzens der Kaltblüter.

Vom Standpunkt der Molekularhypothese würde man übrigens auch mit der — zunächst freilich willkürlichen — Annahme eines zur Verdeckung der im Innern praeexistirenden Spannungsunterschiede nicht völlig hinreichenden Grades von Parelektronomie der unversehrten Zellenoberflächen auskommen.

Einerlei aber, welcher Theorie man huldigen möge: unsere Versuche lehren, dass bei allen Wirbelthieren, ebenso wie das ganze Herz, auch alle einzelnen das Herz zusammensetzenden Muskelzellen im unversehrten, ruhenden Zustande nach aussen elektromotorisch unwirksam oder doch nahezu unwirksam sind.

Versuche an glatten Muskeln.

Das Präparat, dessen ich mich in den meisten Fällen bediente, war die Muskelhaut des Froschmagens. Der Magen wurde an Pylorus und Kardia abgeschnitten, mit einem möglichst grossen Stück Mesogastrium herausgenommen und, mässig gedehnt, mittelst zweier Nadeln auf einer Korkplatte ausgespannt. Hierauf ward die Muskelhaut mittelst einer feinen, zwischen Mukosa und Muskularis eingeführten Scheere der grossen Curvatur entlang gespalten und nun vorsichtig von der Schleimhaut, bezüglich diese von ihr abpräparirt, was ohne die geringsten Schwierigkeiten, insbesondere ohne irgendwelche Perforation oder Zerreissung einer der beiden Häute von Statten geht. Die Muskularis, welche sich nach dem Abtrennen von der Schleimhaut anfangs in krampfartiger Zusammenziehung nach aussen umrollt, ward mit der inneren Fläche auf einen in einem Kugelgelenk an einem Stativ verstellbaren Glasstab von ca. 3 Mm. Dicke gelagert, an dem sie vermittelst ihrer Feuchtigkeit haftet. Eine an dem nämlichen Stativ befestigte Thonstiefelelektrode leitete mittelst des Mesogastriumlappens von der Mitte der kleinen Curvatur, also von natürlichem Längsschnitt ab, eine zweite, auf besonderem Stativ verstellbare Elektrode vom künstlichen Durchschnitt. In der Regel ward, da dann stärkere Wirkungen sich herausstellten, vom künstlichen Längsdurchschnitt des Magens, der der Hauptsache nach künstlichen Querschnitt (der Cirkularfasern) darstellt, abgeleitet, und zwar im Allgemeinen in einer Längsausdehnung von etwa 5 Millimetern. Uebrigens wurden alle beim Herzen empfohlenen Vorsichtsmassregeln befolgt.

War der Magen einem eben durch Zerstörung des centralen Nervensystems getödteten Frosche entnommen, so zeigten sich bei sofort angestellter Untersuchung in der Regel nur ganz unerhebliche Spannungsunterschiede. Der künstliche Querschnitt verhielt sich zwar immer negativ, aber die Kraft blieb häufig unter 0.001 D., in jedem Falle weit unter den späterhin zu erzielenden Werthen. Diess erklärt sich zum Theil wohl aus dem krampfartigen Zustand, in welchem die Muskelhaut oft noch lange Zeit nach der Abtrennung von der Mukosa verharrt, zum Theil auch aus dem raschen Sinken der Kraft des künstlichen Querschnittes, das wir sogleich näher kennen lernen werden.

Nahm ich den Magen erst mehrere Stunden oder einen Tag nach Zerstörung der grossen Centra aus dem Frosch heraus, (der

bis dahin im feuchten Raum bewahrt ward,) so erwies sich in der Mehrzahl der Fälle der künstliche Durchschnitt unmittelbar nach seiner Anfertigung ziemlich stark negativ. Die Kraft betrug beispielsweise, bei breiter Ableitung vom Querschnitt und so schnell wie möglich nach Anlegen des Schnittes gemessen, im Mittel aus

3 Versuchen 4 bis 5 Stunden nach Zerstörung der grossen Centra 0.0064 D. (Max. 0.0093, Min. 0.0039)

7 Versuchen 24 Stunden nach Zerstörung der grossen Centra 0.0082 D. (Max. 0.0174, Min. 0.0013).

Bei vier Fröschen, die zwei Tage lang von Curare gelähmt im feuchten Raume gelegen hatten, fand ich 1 Stunde nach Zerstörung der grossen Centra die Kraft im Mittel zu 0.003 D. (Maxim. 0.0045, Minim. 0.0018 D).

Die meisten solcher Präparate nun, welche sogleich nach der Anfertigung eine merkliche Kraft zeigten, verhielten sich weiterhin im Wesentlichen wie unsere Herzpräparate: die Kraft sank schnell auf Null oder nahezu Null, um sich beim Anfrischen wieder beträchtlich zu heben.

So sank die Kraft zwischen künstlichem Durchschnitt und natürlichem Längsschnitt

in 10 Vers. binnen 5 Min. im Mittel auf 42.8% (Max. 68.9 Min. 0.0%)
„ 5 „ „ 10 „ „ „ „ 16.4% „ 33.3 „ 0.0%)
„ 6 „ „ 15 „ „ „ „ 0.9% „ 6.7 „ 0.0%)

Bei älteren Präparaten (von 24 Stunden und mehr) wurde zuweilen ein absolut sowohl wie relativ viel langsameres Sinken der Kraft beobachtet.

Infolge des Anfrischens hob sich die Kraft

a) bei unvergifteten, einen Tag vor Präparation der Muskelhaut getödteten Fröschen

in 5 Vers. nach 5 Min. von 14.2% auf 132.1%: Zuwachs + 117.9%
„ 1 „ „ 30 „ „ 22.1% „ 168.5%: „ + 146.1%
„ 1 „ „ 24 Std. „ 9.0% „ 75.0%: „ + 66.0%

b) bei vier seit zwei Tagen durch Curare gelähmten Fröschen

in 2 Vers. nach 10 Min. von 11.1% auf 100 %: Zuwachs + 88.9%
„ 2 „ „ 15 „ „ 2.3% „ 72.7%: „ + 70.4%

c) bei 15 unvergifteten Fröschen, bei denen die anfängliche Ek. nicht gemessen oder unter 0.001 D. gefunden war, nach 24stündigem Liegen der präparirten Muskelhaut im feuchten Raume von 0.00026 D. (Max. 0.0015 D., Min. 0 D.) auf 0.0077 D. (Max. 0.0160 D., Min.

0.0012 D.). Der mittlere Zuwachs betrug also + 0.00744 D.; der höchste mass + 0.0154 D., der geringste + 0.0007 D.

Die Versuche bestätigen also unsere Erwartungen, indem sie uns berechtigen den Satz auszusprechen, dass die glatten Muskelfaserzellen (zunächst des Froschmagens) im unversehrten ruhenden Zustand nicht merkbar elektromotorisch nach aussen wirken[1]).

Wie steht es nun mit den Nerven?

Versuche an Nerven.

Da wie schon erwähnt und früher ausführlich nachgewiesen ward, in jeder durchschnittenen Nervenfaser ein schliesslich zu Zerstörung von Mark und Axencylinder führender Degenerationsvorgang von der Schnittfläche aus bis zur nächsten Zellgrenze (Ranvier'sche Einschnürung) sich fortpflanzt, ohne diese jemals zu überschreiten, so verwandelt sich, wie gleichfalls schon betont, der künstliche Querschnitt allmählich in einen natürlichen, insofern an der Demarkationsfläche die natürlichen Endflächen der nächst tieferen unverletzten Nervenfaserzellen in elektromotorischer Beziehung zu Tage treten. Wenn nun diese natürlichen Querschnitte der Ranvier'schen Zellen im Ruhezustand unwirksam waren, dann war zu erwarten, einmal dass die Kraft zwischen natürlichem Längs- und künstlichem Querschnitt, nachdem sie von ihrer anfänglichen Höhe herabgesunken, durch Anfrischen wieder zu heben sein würde, und zweitens dass im Besonderen die Grösse des durch Anfrischen zu erhaltenden positiven Zuwachses innerhalb gewisser Grenzen mit der Länge des beim Anfrischen abgetragenen Stückes wachsen würde. Und zwar musste der Zuwachs, genügende Länge des restirenden Nervenstückes vorausgesetzt, ein Maximum erreichen, wenn die Länge des abgetragenen Stückes $1^1/_2$—2 Mm. betrug, denn unge-

1) Dies Ergebniss scheint für die früher von mir aufgestellte Hypothese von der myogenen Natur der Froschhautströme wenig günstig. Doch ist zu bemerken, was ich früher schon hervorhob, dass die als wirksam vorausgesetzten Enden der Muskelzellen am oberen Drüsenpol in directer Berührung mit dem Hautsekret stehen, also unter Bedingungen verkehren, die nachweislich einen stark „entwickelnden“ Einfluss haben. Die Zellen sehen denn auch an diesen Enden ganz anders aus, wie in ihren übrigen Theilen.

führ soviel misst im äussersten Falle die Länge einer Ranvier'schen Zelle.

In Bezug auf den zweiten Punkt liegen gar keine Mittheilungen und in Bezug auf den ersten nur eine beiläufige Bemerkung, von du Bois-Reymond[1]), vor, nach welcher freilich die eben ausgesprochenen Erwartungen nicht erfüllt sein würden. Da jedoch über die Bedingungen der Versuche, auf welche sich die Bemerkung du Bois-Reymond's stützt, nichts bekannt ist, war eine erneute experimentelle Prüfung nöthig, die denn auch alsbald wichtige Aufschlüsse gewährte.

Ich beschränke mich zunächst, wie beim Herzen und den glatten Muskeln, auf Mittheilung der Versuche an ausgeschnittenen, überlebenden Präparaten. Sie verhalten sich in Bezug auf die mikroskopischen Erscheinungen des Absterbens der Zellen am Querschnitt in der ersten Zeit im Wesentlichen wie wenn sie noch ernährt würden. Schon mehrere Stunden nach Anlegen des Schnittes sind die Anfänge der traumatischen Entartung — bemerklich vor Allem in schwächerer Färbung des Markes durch Osmiumsäure und Zurückziehen desselben von der Schwannschen Scheide — bis zu den nächsten Ranvier'schen Einschnürungen fortgerückt, an welchen der Process dann ausnahmslos zum Stehen kommt. Kein Zweifel also, dass sich auch am Querschnitt des ausgeschnittenen Nerven allmählich jene Demarkationsfläche ausbildet, an welcher noch lebende Zellen mit abgestorbenen zusammenstossen.

Zu den meisten Versuchen diente der Ischiadicus grosser kräftiger Exemplare von Rana esculenta. Die Thiere wurden in der üblichen Weise durch Zerstörung der grossen Nervencentra mittelst einer vom Schädeldach aus eingeführten Nadel getödtet, der Nerv gleich nachher von der Kniekehle bis zur Wirbelsäule mit grösster Schonung herauspräparirt und in ein peripherisches Stück von etwa 20—25 Mm. und ein centrales von etwas grösserer Länge zerlegt. Die abzuleitenden Querschnitte (im peripherischen Stück der centrale, im centralen der peripherische) wurden mit besonders scharfer kleiner Scheere und stets so genau senkrecht wie möglich zur Längsaxe der Fasern angelegt. Die Ableitung geschah in der Weise, dass der Nerv mit der ganzen Fläche des Querschnitts an der einen Thon-

1) Ueber die Erscheinungsweise u. s. w. S. 308.

spitze haftete, mit dem Längsschnitt über die andere gebrückt war, und das extrapolare Stück frei, in einer Länge von etwa 10 Mm. und mehr in die Luft herabhing. Bei Prüfung des centralen Stückes wurde besonders gesorgt, dass die Ableitung vom Längsschnitt in gehöriger Entfernung von den Stümpfen der abgeschnittenen Oberschenkeläste und in jeder an demselben Nervenpräparat angestellten Versuchsreihe immer an der nämlichen Stelle des Längsschnitts geschah. Ferner wurde mit besonderer Sorgfalt auf Sättigung der feuchten Kammer mit Wasserdampf geachtet.

Da die Nervenstromkraft unter den angegebenen Bedingungen im Allgemeinen sehr erheblich langsamer sinkt als beim Herzen und den glatten Muskeln, fanden die Kraftmessungen in der Regel nur in grösseren Zwischenräumen (eine Viertelstunde und mehr) Statt, während welcher die Präparate unberührt von den Elektroden auf einer Glasplatte im feuchten Raum aufbewahrt wurden. Jede vier von einem und demselben Frosch stammenden Präparate wurden aber in der Regel möglichst rasch nach einander in Pausen von etwa 2 bis 4 Minuten auf ihre Kraft geprüft, abwechselnd zuerst der rechte und der linke Ischiadicus und ebenso abwechselnd zuerst das centrale und das peripherische Stück der beiden zusammengehörigen Nerven.

Unter den erwähnten Bedingungen nun wird die Kraft von Anfang an sinkend getroffen. Sie fiel

A) binnen 1—2^h nach der ersten Durchschneidung

a) beim central. Stück (Ek.[1]) = 0.0172 D.) in 6 Vers. auf 49.5 %
(Max. 59.8 Min. 42.4)

b) beim peripher. Stück (Ek. = 0.0148 D.) in 6 Vers. auf 44.2 %
(Max. 57.1 Min. 25.4)

also im Mittel aus allen 12 Vers. auf 46.8 % des Anfangswerthes

B) binnen 20—24^h

a) beim centralen Stück (Ek. = 0.0156 D.) in 25 Vers. auf 4.8 %
(Max. 31.3 Minim. — 5.0 %)

b) beim peripher. Stück (Ek. = 0.0171 D.) in 25 Vers. auf 8.5 %
(Max. 35.5 Minim. — 4.2 %)

also im Mittel aus allen 50 Versuchen auf + 6.7 % des Anfangswerthes. Beiläufig war in 29 von diesen 50 Versuchen die Kraft

---

1) Es ist wieder die mittlere elektromotorische Kraft aus allen Versuchen gemeint.

nach 20—24 Stunden gleich Null oder sehr schwach negativ; hiervon kamen 15 Fälle auf das centrale, 14 auf das peripherische Stück.

Nach Anlegen eines neuen Querschnitts in 2—4 Mm. Entfernung vom ersten hob sich die Kraft in den Versuchen

sub Aa (centr. Stück) von 49.5 auf 104.9% Zuwachs + 55.4%
„ Ab (periph. „ „ 44.2 „ 101.7% „ + 57.5%

also im Mittel aus allen 12 Versuchen sub A von 48.8 auf 103.3%: Zuwachs + 56.5%. Die nach dem Anfrischen beobachteten Maxima der Kraft betrugen für Aa 120.4%, für Ab 113.0%, die Minima für Aa 88.7%, für Ab 89,2%.

Es hob sich ferner die Kraft nach dem Anfrischen in 2—4 Mm. Entfernung vom ersten Querschnitt in den Versuchen

sub Ba (central Stück) von 4.8 auf 115.4%: Zuwachs + 110.6%
„ Bb (peripher „ „ 8.5 „ 107.4%: „ + 108.9%

also im Mittel aus allen 50 Versuchen sub B von 6.7 auf 116.4: Zuwachs + 109.7%.

Die nach dem Anfrischen beobachteten Maxima betrugen für Ba 208.8%, für Bb 197.6%, die Minima für Ba 31.3%, für Bb 35.4% [1]).

Jedesmal trat der Kraftzuwachs sofort in voller Stärke auf und sank die Kraft dann wieder ganz allmählich herab, um durch neues Anfrischen einen neuen positiven Zuwachs zu erhalten.

Die Versuche sprechen also entschieden für eine Unwirksamkeit der natürlichen unverletzten Nervenfaserquerschnitte und um so entschiedener, als die latente Kraft der Nerven unter den angegebenen Bedingungen nicht nur nicht sank, wie die manifeste, sondern sogar eine sehr erhebliche postmortale Steigerung erfuhr. Es verdient in dieser Beziehung Hervorhebung, dass die absolute Grösse der latenten Kraft in vielen der Fälle wo nach 20—24^h die manifeste auf Null gesunken war, zu mehr als 0.035 D gefunden ward. Ja

1) Erwähnung verdient, dass das absolute Maximum der Nervenstromkraft, welches bei diesen Versuchen (sub Ba) beobachtet wurde, 0.0415 D. betrug, ein Werth der den höchsten bisher von du Bois-Reymond gefundenen (0.022 beim Frosch, 0.026 beim Kaninchen-Ischiadicus) sehr bedeutend übertrifft. Nur einmal begegnete ich, und zwar bei einem ganz frischen Hüftnerven des Frosches, einem noch höheren Werth: 0.0460 D. Da der Compensator unmittelbar zuvor graduirt und die Constanz der Maasskette constatirt war, ist an einen Fehler wohl nicht zu denken.

in zwei Fällen hob sie sich durch das Anfrischen von Null auf mehr als 0.040 D. Wären die alten Faserquerschnitte hier auch nur mit einem sehr kleinen Bruchtheil dieser Kraft wirksam gewesen, so hätte dies der Beobachtung nicht entgehen können [1]).

In dem postmortalen Wachsen der latenten Kraft liegt einer der Gründe, wesshalb die manifeste Kraft des künstlichen Querschnitts im Vergleich zu der des Herzens und der glatten Muskeln so langsam abnimmt. Es bedürfte gleichwohl dieses Umstandes zur Erklärung nicht, denn es würde schon genügen, sich auf die Länge der Nervenfaserzellen zu berufen, welche durchschnittlich reichlich das Zehnfache von der der beiden anderen genannten Zellenarten beträgt, und dann auf die vergleichsweise geringe Grösse des Stoffwechsels in den Nervenfasern, welche einen specifisch langsameren Verlauf des Absterbens vorauszusetzen berechtigt.

Ein Steigen der manifesten Kraft habe ich unter den oben beschriebenen Bedingungen niemals beobachtet. Es kann aber unter anderen Umständen, wenigstens in der ersten Zeit nach Anfertigung des Präparates sehr deutlich auftreten. So vermisste ich es nie, wenn die Frösche nach Zerstörung der grossen Nervencentra und Ausschneiden des Herzens oder einer anderen die Blutcirkulation aufhebenden Behandlung einen Tag lang unenthäutet im feuchten

---

1) Beiläufig muss ich darauf aufmerksam machen, dass unsere Resultate die von Bernstein (Pflüger's Archiv Bd. I. 1868. pag. 193 und 194) beobachtete Thatsache, dass bei starken Reizen die Kraft der negativen Schwankung die des ruhenden Nervenstromes um ein Vielfaches übertreffen kann, in ihrer noch unlängst von du Bois-Reymond (Arch. f. Anat. u. Phys. 1875. p. 651) hervorgehobenen Bedeutung sehr verdächtig machen. Vermuthlich war in diesen Fällen die manifeste Kraft des Nerven bereits erheblich gesunken, die latente aber noch beträchtlich gross. Auf die Grösse der letzteren kommt es aber allein an. Würde der Nachweis geliefert, dass die Kraft der Schwankung an Grösse die latente Kraft des nämlichen Nervenabschnittes übertreffen könne, so würde dies allerdings von grosser Bedeutung sein. Dieser Nachweis ist aber noch zu liefern. Beim Herzen kommt, wie ich schon früher mittheilte (Proc. verb. kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. 1873. Nr. 2. Vergad. 28 Juny 1873) eine Umkehrung der Kraft zwischen Quer- und Längsschnitt bei der Systole sehr häufig zur Beobachtung. Dies tritt aber immer nur ein, wenn die manifeste Kraft bereits gesunken ist. Da dies Sinken so schnell erfolgt, begreift sich die Häufigkeit mit welcher die Stromumkehr beobachtet wird.

Raum gelegen hatten, ehe der Nerv präparirt wurde. Das Wachsen der manifesten Kraft trat hier sofort ein und war nach Ablauf von einer halben Stunde noch nicht beendet. Beispielsweise stieg unter diesen Bedingungen die Kraft innerhalb einer halben Stunde im Mittel aus 12 Versuchen von 0.013 D auf 0.0195 D und innerhalb einer Stunde im Mittel aus 7 Versuchen an denselben Fröschen von 0.0135 auf 0.0218 D. Anfrischen des Querschnittes steigerte die Kraft noch weiter. Wurden die Nerven ebensolcher Frösche vor Anlegen des Querschnitts und Messung der Kraft erst eine Stunde oder länger entblösst in der feuchten Kammer liegen gelassen, so fehlte nachher das Wachsen der manifesten Kraft. Diese wurde dann aber von vornherein höher gefunden. Wahrscheinlich beruhte die erwähnte Kraftsteigerung auf einer allmählichen Abdunstung der unter den angebenen Bedingungen im Nerven angehäuften, hauptsächlich wohl aus den umgebenden Geweben (Muskeln) stammenden Kohlensäure. Die durchschnittlich niedrigen Anfangswerthe der Kraft würden dem schädlichen Einfluss der Kohlensäure zuzuschreiben sein, in Uebereinstimmung mit J. Ranke's Erfahrungen, welcher die Reizbarkeit der Nerven unter Einwirkung von Kohlensäure sinken, bei Abdunsten dieses Gases wieder wachsen sah. Ich gehe indessen auf diese Erscheinungen und ihre etwaigen Beziehungen zu der eben besprochenen, unter anderen Bedingungen auftretenden postmortalen Steigerung der latenten Kraft, wie auch zu dem von du Bois-Reymond [1]) entdeckten postmortalen Wachsthum der Kraft gewöhnlicher Muskeln, nicht näher ein, da unsere Hauptaufgabe davon direkt nicht berührt wird.

Dagegen fragt es sich nun ob die Grösse des durch das Anfrischen zu erzielenden Kraftzuwachses von der Länge des abgetragenen Stückes sich in der Weise abhängig zeigt, wie die Annahme einer Unwirksamkeit der natürlichen Querschnitte der Nervenfaserzellen dies fordert. Hierüber geben die folgenden Versuche Auskunft.

Bei 27 Präparaten, 14 centralen, 13 peripherischen Stücken der Ischiadici von 8 unmittelbar zuvor in der obigen Weise getödteten Fröschen, wurde die Kraft sofort nach Anlegen des Querschnitts gemessen, die Präparate hierauf einen Tag lang auf der Glasplatte im feuchten Raum liegen lassen, danach die Kraft erst

1) Ueber die Erscheinungsweise u. s. w. a. a. O. S. 279 ff.

des alten Querschnitts (a) und dann von je vier neuen Querschnitten (b, c, d, e) gemessen, welche nacheinander in Pausen von durchschnittlich einer Minute an Stellen angelegt wurden, möglichst genau entsprechend ½, 1, 2 und 4 Mm. Entfernung vom anfänglichen Querschnitt. Die ursprüngliche Kraft (im Mittel aus allen 27 Versuchen 0.0177 D, Maxim. 0.037, Minim. 0.010 D) gleich 100 gesetzt, ergab sich nach 24^h die Kraft von

a) alter Querschnitt,	im Mittel zu	0.6	Maxim. 11.7	Minim. 0
b) neuer „ ½ Mm. von a.	„ „ „	107.5	„ 200	„ 43.5
c) „ „ 1 „ „ „ „	„ „	121.0	„ 193:9	„ 60.9
d) „ „ 2 „ „ „ „	„ „	123.1	„ 186.7	„ 58.7
e) „ „ 4 „ „ „ „	„ „	120.2	„ 208.8	„ 58.7

Es betrug der Zuwachs

b—a im Mittel	+ 106,9	(Maxim. + 188.3	Minim. + 43.5
c—b „ „	+ 13.5	„ + 55.8	„ — 13.3
d—c „ „	+ 2.1	„ + 8.8	„ — 10.9
e—d „ „	— 2.9	„ + 33.3	„ — 36.3

Beiläufig war der Zuwachs

b—a	in allen 27 Fällen positiv,		
c—b	„ 24 „ „	in 2 Fällen Null,	in 1 Falle negativ.
d—c	„ 11 „ „	„ 6 „ „	„ 10 Fällen „
e—d	„ 6 „ „	„ 3 „ „	„ 18 „ „

Mit Rücksicht auf die möglichen Fehlerquellen und die nur mässig grosse Zahl der Versuche ist, wir mir scheint, die Uebereinstimmung zwischen Voraussetzung und Wirklichkeit so gross, wie man nur irgend erwarten darf. Wirklich zeigt sich der Kraftzuwachs innerhalb der zu erwartenden Grenzen abhängig von der Länge des abgetragenen Stückes. Am grössten für den ersten halben Millimeter, nimmt er für die folgenden allmählich ab, um zwischen 2 u. 4 Mm. (offenbar wegen Verkürzung des Präparates) negativ zu werden.

Da nunmehr auch in diesem Punkte die der Prüfung unterworfenen Voraussetzungen sich bewährt haben, stehe ich nicht an zu behaupten, dass auch die natürlichen Querschnitte der Nervenfasern, welche an den Ranvier'schen Einschnürungen vorliegen, im ruhenden, unversehrten Zustand elektromotorisch unwirksam sind. Dieser Schluss scheint mir um so unvermeidlicher, als ich keine andere Möglichkeit für eine genügende Erklärung der eben beschriebenen Thatsachen sehe, im Besonderen

nicht für eine Erklärung, welche die offenbar durchaus analogen Erscheinungen am Herzen und den glatten Muskeln mitumfasste.

Versuche an gewöhnlichen pleiomeren Muskeln.

Herz, glatte Muskeln und Nervenstämme würden sich also wie in morphologischer so auch in elektromotorischer Beziehung wesentlich wie gewöhnliche pleiomere[1]) Muskeln verhalten. Auch bei diesen sind die einzelnen aneinander gereihten Grundformen (Fasern, Muskelspindeln) unwirksam und muss es dementsprechend leicht sein, was an monomeren Muskeln unter denselben Bedingungen nie gelingt, die Erscheinungen des raschen Sinkens der manifesten Kraft künstlicher Querschnitte und ihrer Hebung durch Anfrischen zu beobachten. Am Meisten eignet sich zu diesen Versuchen der Rectus abdominis des Frosches, dessen regelmässig pleiomerer Bau als bekannt vorausgesetzt werden darf. Hier hat man es, wie zu erwarten, ganz in seiner Macht, entweder das Bild der Erscheinungen, welches monomere Muskeln zeigen, langsames Sinken der Kraft und Wirkungslosigkeit des Anfrischens, oder das entgegengesetzte oder auch ein beliebiges Zwischenglied zwischen beiden hervorzurufen. Es kommt nur auf die Lage der Schnitte in Bezug auf die sehnigen Einschreibungen an.

Liegt der erste künstliche Querschnitt weit von der nächsten inscriptio tendinea, dann sinkt die anfangs hohe Kraft langsam, etwa wie beim Sartorius. Anfrischen diesseits der nächsten Inscriptio ist ohne Einfluss oder hat, was häufiger, Kraftabnahme zur Folge. So sank in 4 Versuchen, in denen der erste Schnitt genau in der Mitte zwischen zwei sehnigen Einschreibungen gelegen war, die Kraft im Mittel nach 5 Min. auf 95.1, nach 10′ auf 89.4, 20′ auf 85.8, 30′ auf 74.1%. Nach Abtragen einer kaum 1 Mm. breiten Schicht am Querschnitt in der 31. Minute wurde sie zu 72.1% gemessen. Der Zuwachs war also — 2%.

Wird der erste Querschnitt in geringem Abstande, etwa 1—2 Mm. von der nächsten sehnigen Einschreibung geführt, so sinkt die Kraft, die durchschnittlich gleich von Anfang an einen geringeren Werth

1) Vgl. E. du Bois-Reymond, über die negative Schwankung u. s. w. Archiv für Anat., Physiol. u. s. w. 1876. S. 348.

besitzt, viel schneller als im ersten Falle, beispielsweise so schnell wie beim Herzen, um sich sofort ausserordentlich zu heben, wenn ein neuer Querschnitt durch die jenseits von der Inscriptio entspringenden Fasern gelegt wird. So war die Kraft in vier Versuchen, in denen der erste Schnitt nur 1—2 Mm. von der nächsten Einschreibung entfernt lag, durchschnittlich nach 5 Min. auf 61.6, nach 10′ auf 43.5% gesunken. Anfrischen 1 Mm. jenseits der Sehne hob die Kraft, als sie nach 45 Minuten weiter bis auf 3% gesunken war, plötzlich wieder auf 98%, gab also einen Zuwachs von + 95%.

Aehnliches lässt sich auch an den analog gebauten Seitenrumpfmuskeln der Fische beobachten. Einem lebenden Aal wurden prismatische Stücke der Seitenrumpfmuskulatur, von etwa 2 Cm. Länge und 1 Cm. Dicke entnommen und von 5 zu 5 Minuten auf ihre Kraft geprüft. In 7 Versuchen sank die Kraft von einem durchschnittlichen Anfangswerth von 0.0276 D

binnen	5	Min.	auf	93.9%	(Maxim.	120.0	Minim.	75.0)
„	10	„	„	79.9%	„	111.0	„	50.0
„	75	„	„	48.4%	„	68.3	„	18.8

Beim Anfrischen hob sich die Kraft im Mittel aus allen 7 Versuchen von 48.4 auf 73.3%. Der neue Schnitt hatte viele bis dahin unverletzte Fasern getroffen, da durch ihn jedesmal eine sehnige Einschreibung, wenigstens zum grossen Theil, abgetragen worden war. In einem Falle wo die Einschreibung in nahezu der ganzen Ausdehnung des (schrägen) Querschnitts beim Anfrischen entfernt wurde, betrug der positive Zuwachs 87.4%, in einem andern, wo der neue Schnitt nur die bereits vom ersten getroffenen Fasern verletzte, war er negativ und mass 20%.

Schlussbemerkungen.

Der wie ich glaube im Vorstehenden gelieferte Nachweis, dass ebenso wie die Fasern der gewöhnlichen animalen Muskeln so auch die mikroskopisch kleinen Zellen des Herzfleisches, der glatten Muskeln und der Nervenfasern im ruhenden unversehrten Zustande nicht oder kaum merklich elektromotorisch nach aussen wirken, erscheint für die Theorie der Nerven- und Muskelelektricität bedeutungsvoll genug, um demselben noch einige Worte zu widmen.

Niemand kann verkennen, dass das Resultat, zu dem wir ge-

langt sind, der Präexistenzlehre ebenso ungünstig ist, wie es auf dem Boden der Hermann'schen Anschauungen selbstverständlich erscheint. Wenn bei den gewöhnlichen Muskeln von vornherein einiger Grund vorhanden war, an den natürlichen Faserenden Eigenthümlichkeiten in elektromotorischer Beziehung zu erwarten — ich erinnere nur an den neuerdings von du Bois-Reymond wieder in seiner Bedeutung hervorgehobenen Umstand des Erlöschens der Reizwelle an den Faserenden — so kann man das Gleiche für die Elemente der drei anderen genannten Gewebsarten nicht behaupten. Weder in anatomischer noch in physiologischer Beziehung zeigen sie an ihren Ober- resp. Endflächen Besonderheiten, welche eine solche Behauptung rechtfertigen könnten. Die Nerventheilchen, mit denen die Axencylinder sich an den Ranvier'schen Einschnürungen, die contraktilen Theilchen, mit denen die aneinanderstossenden Zellen des Herzens oder der Mukselhaut des Magens einander berühren, sind mikroskopisch nicht nachweisbar verschieden von den im Innern der Zellen gelegenen. Und sie theilen sich ebenso wie diese normalerweise den Erregungsvorgang mit, spielen also auch nicht in Bezug auf Leitung der Erregung die Rolle von Grenz- oder Endflächen. Eine präexistirende Parelektronomie der Zellenoberflächen, wie sie auf Grund unserer Versuche vom Standpunkte der Molekularhypothese aus anzunehmen sein würde, könnte also auch nicht aus terminaler Nachwirkung erklärt werden. Ist dies aber hier nicht gestattet, so wird wohl auch die Unwirksamkeit der übrigens soviel Uebereinstimmung bietenden Muskelspindeln noch eine andere Erklärung finden müssen.

Wollte man einwenden, dass wir in unseren Versuchen doch nur mit wirklich physiologisch-terminalen, nämlich mit während des Versuchs terminal gewordenen Zellenoberflächen zu thun gehabt haben, so würde dies nichts helfen, da die Präparate, wie schon beim Herzen erwähnt und aus den mitgetheilten Versuchsbedingungen erhellt, Erregungen nicht ausgesetzt waren. Und überhaupt muss die Annahme, dass bei unseren Präparaten eine parelektronomische Schicht erst während des Versuches sich entwickelt habe, von vornherein höchst unberechtigt heissen, denn offenbar sind die Bedingungen am künstlichen Querschnitt vielmehr einer Zerstörung etwa vorhandener oder entstehender Parelektronomie günstig. Ja man dürfte sich eher darüber wundern, dass sich überhaupt Unwirksamkeit am künstlichen Querschnitt ausbilden kann, so lange noch eine merk-

liche latente Kraft besteht. In dieser Beziehung ist es von ganz besonderem Interesse, dass, wie ein nächster Artikel ausführen wird, auch jeder künstliche Querschnitt gewöhnlicher monomerer Muskeln sich unter Erhaltung einer hohen latenten Kraft unwirksam machen lässt. Die Bedingungen, unter welchen dies eintritt, sind freilich wiederum von der Art, dass der beobachtete Erfolg wohl nach der Hermann'schen nicht aber nach der Molekularhypothese vorauszusehen war.





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

VIERTES UND FÜNFTES HEFT.

MIT 1 TAFEL UND 5 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN
(FR. COHEN).

Ausgegeben den 18. Juni 1877.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter

erhalten von den Arbeiten in dieser Zeitschrift

40 Separatabdrücke gratis.

Berichtigung eines Missverständnisses.

Von

E. du Bois-Reymond.

(Aus einem Schreiben an den Herausgeber.)

— In Ihrer aus dem XV. Bande Ihres Archivs mir freundlichst mitgetheilten Abhandlung: »Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur«, vertheidigen Sie (S. 61, 62 Anm.) gelegentlich Ihre Lehre von den sensorischen Functionen des Rückenmarkes gegen dawider gerichtete Angriffe, und sagen dabei: »Einige, wie Emil du Bois-Reymond, gehen sogar in dieser Frage so weit, ihre doch unzweifelhaft mindestens nicht bewiesenen Ansichten als wissenschaftliche Thatsachen gegen mich zu verkünden. Nicht einmal soll also zugestanden werden, dass die Frage controvers sei!!!«

Die einzige Stelle, wo ich über Ihre Lehre mich geäussert habe, und auf welche also Ihre Beschwerde sich beziehen kann, findet sich in meiner Rede: »Leibnizische Gedanken in der neueren Naturwissenschaft«[1], und lautet: »Die Physiologie bedient sich jenes Ausdruckes« — praestabilirte Harmonie — »auch, um das unerklärte zweckmässige Ineinandergreifen der Vorgänge im Thierkörper zu bezeichnen, wie man z. B. ein solches annehmen muss, um die zweckmässigen Bewegungen enthirnter Thiere durch Reflexmechanismen zu erklären, anstatt mit Hrn. Pflüger dem Rückenmarke sensorische Functionen zuzuschreiben.«

Erst durch Ihr Missverstehen dieser Worte ward ich darauf aufmerksam, dass man sie allenfalls auch so auslegen kann, als solle man, anstatt mit Ihnen dem Rückenmarke sensorische Functionen zuzuschreiben, Reflexmechanismen annehmen, um die zweckmässigen Bewegungen enthirnter Thiere zu erklären. Das war aber nicht der Sinn, den ich damit verband. Dieser ergiebt sich ganz unzweideutig, wenn man die indirecte in die directe Rede um-

---

1) Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1870. S. 847. — Besonders erschienen bei Dümmler, Berlin 1871. S. 28.

wandelt: »Um die zweckmässigen Bewegungen enthirnter Thiere durch Reflexmechanismen zu erklären, anstatt mit Hrn. Pflüger dem Rückenmarke sensorische Functionen zuzuschreiben, muss man praestabilirte Harmonie annehmen«, wogegen Sie nichts einzuwenden haben werden. Ich gebe Ihnen meinen Satzbau gern preis, muss aber gestehen, dass ich auch jetzt bei möglichst unbefangenem Lesen jener Stelle meinem Sprachgefühle nach nicht begreife, wie Sie daraus eine meiner wissenschaftlichen Denkart so fern liegende Folgerung ziehen konnten.

Die Erörterung über die Bewegungen enthirnter Thiere pflege ich in meinen Vorlesungen etwa so zu schliessen: »So haben Sie denn die Wahl, sich vorzustellen, entweder, dass die Seele theilbar sei, oder, dass Gott im Anfange den Frosch mit einem geeigneten Reflexmechanismus für den Fall versah, dass dereinst ein Physiologe, nachdem er ihm den einen Fuss abschnitt, den andern mit Essigsäure betupfen würde. Leider muss ich Sie, gleich der Wissenschaft selber, auf die Hörner dieses Dilemma's gespiesst lassen.«

Stärker wüsste ich nicht auszusprechen, dass ich die Frage für controvers halte.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Bemerkungen zur Physiologie des centralen Nervensystemes.

Von

E. Pflüger.

Ich bin Emil du Bois-Reymond für die genauere Mittheilung seiner Ansichten über die Natur der Bewegungen hirnloser Thiere zu besonderem Danke verpflichtet. Seine Erörterung wird bei den Fachgenossen nicht ohne Beachtung bleiben; denn sie bezeugt, dass, während Viele mit dem Wort »Reflexbewegung« Alles erklärt und geleistet zu haben glauben, Alles zu thun noch übrig bleibt.

Da über meine Ansichten vielfach irrige Meinungen verbreitet sind, welche mich als den Entdecker der »Rückenmarksseele« zu ironisiren benutzt werden, so sei gestattet, mit nur wenigen Worten hier einige Cardinalpunkte hervorzuheben.

In der Wissenschaft haben wir genau zu prüfen, wie weit die Gewissheit reicht, und wo die Hypothese anfängt. Gerade in diesem Gebiet hat die Theorie über die Natur der psychischen Processe eine entscheidende Bedeutung. Mit Sicherheit ist nicht mehr bekannt, als dass in uns bestimmte bewusste d. h. »seelische« Zustände von fortwährend schwankender Intensität und Qualität mit einander abwechseln und nur so lange wahrnehmbar sind, als die Gehirnmaterie normal und lebendig ist, resp. normal ernährt wird und athmet. Gewiss ist also, dass diese bewussten Zustände, diese »seelische« Erregung und Arbeit sich zum Gehirn verhalten wie Lebensverrichtung und Organ. Wer nun annehmen will, dass diese bewusst werdende Erregung die Arbeit eines nur an lebendiger Hirnmaterie sich offenbarenden, nicht materiellen Etwas sei, was Geist oder Seele genannt wird, der kann nicht läugnen, dass er sich auf hypothetischen Boden stellt. Soll also das Wort Seele gebraucht werden, so darf man darunter nur eine Thatsache: die bewusst werdende Erregung im centralen Nervensysteme verstehen.

Wie ein Auge Alles sehen kann, eine Hand Alles betasten, »begreifen« kann, nur sich selbst nicht, so erkennt das Bewusstsein Alles, nur sich selbst nicht. Wenn also das Bewusstsein keine Mittel besitzt, sich selbst zu untersuchen und bis jetzt unerklärt ist, so folgt daraus nicht, dass es entrückt sei dem Causalgesetz der Natur, an dem jede wissenschaftliche Untersuchung festhalten muss.

Das wesentliche Motiv der hartnäckigen Opposition gegen meine Ansichten liegt, wie ich glaube, wesentlich in den Consequenzen derselben. Sie nöthigen zur Annahme, dass von einander getrennte noch lebendige Fragmente desselben centralen Nervensystemes unabhängig von einander psychisch erregt sein können, oder dass das »Bewusstsein theilbar« ist. Da nun aber doch wenigstens niedere Thiere zeigen, dass Ein »beseeltes« Individuum durch Theilung in mehrere »beseelte« Individuen zerfallen kann, so fragt es sich, wie solches denkbar sei. Offenbar accomodiren sich in einer continuirlich zusammenhängenden psychischen Nervenmasse die Schwingungen aller Moleküle einander an. Diese Solidarität der Natur des dynamischen Gleichgewichts, dieses harmo-

nische Zusammentönen aller integrirenden Theile begründet die »Individualität« und »Einheit« des Bewusstseins.

Was bedingt nun die Erregung der psychischen Materie, d. h. derjenigen, deren Arbeit mit Bewusstsein verknüpft ist? Das grosse Gehirn besteht, wie ich bewiesen habe, aus der zersetzbarsten Art lebendiger Materie, welche durch die Wärme mit grosser Geschwindigkeit fortdauernd dissociirt wird, während diese Dissociation im Rückenmarke mit geringerer Beschleunigung geschieht, die aber immer noch grösser als die irgend welcher anderen lebendigen Materie zu sein scheint. Daher ist das Gehirn ohne Aufhören scheinbar spontan activ und pflanzt, wie es selbst auch durch die Sinnesorgane erregt wird, seine Erregungen auf die übrigen Theile des centralen Nervensystemes, also auch auf das Rückenmark fort. Die Erregung des centralen Nervensystemes hat aber das Specifische, dass sie sich mit Bewusstsein verknüpft.

Je mehr man von dem blossgelegten centralen Nervensystem schichtenweise von vorn nach hinten vorschreitend abträgt, um so torpider und schläfriger wird ein höheres Thier, und um so weniger complicirt erscheinen die im Benehmen sich äussernden psychischen Acte, die aber immer relativ vernünftig bleiben. Ein Amphibium, das endlich nur noch das Rückenmark besitzt, ist in einem sehr tiefen Torpor versunken. Aber jede Reizung der Gefühlsnerven bringt das Rückenmark in Erregung, die sofort wie im Gehirn mit Bewusstsein sich verknüpft. Das Rückenmark erwacht also für Augenblicke aus seinem Torpor und reagirt nun unter den abnormsten, künstlich herbeigeführten Verhältnissen, nach dem Princip der Lust und Unlust mit Bewegungen der Glieder, die den willkürlichen so ähnlich sehen, wie ein Ei dem anderen. Ich betrachte deshalb diese Bewegungen als die Reactionen eines empfindenden Wesens. Meine Gründe sind principiell eben so berechtigt oder unberechtigt, als die Annahme der Beseelung bei den Thieren überhaupt. Denn dafür giebt es auch keine absoluten Beweise.

Im Uebrigen verweise ich auf die Anmerkung pg. 61 dieses Bandes.

Ueber Theilbarkeit im Pflanzenreich und die Wirkung innerer und äusserer Kräfte auf Organbildung an Pflanzentheilen.

Von

Dr. **Hermann Vöchting**, *)
a. o. Professor in Bonn.

Seit J. F. Blumenbach's classischer Abhandlung [1]) versteht man unter »Bildungstrieb«, »nisus formativus«, denjenigen Trieb, welcher »in dem vorher rohen ungebildeten Zeugungsstoff der organisirten Körper, nachdem er zu seiner Reife und an den Ort seiner Bestimmung gelangt ist,« geweckt wird und dann lebenslang dahin wirkt, dass sie bestrebt sind, »ihre bestimmte Gestalt anfangs anzunehmen, dann lebenslang zu erhalten und wenn sie ja etwa verstümmelt worden, wo möglich wieder herzustellen.«

Diese Anschauung, nach welcher jeder Organismus seine gesammte Gestalt einer in ihm wohnenden, jeder Art specifisch eigenen Kraft verdankt, hat sich bis zum Erscheinen der Descendenz-Theorie fast allgemein, und auf dem Boden der Morphologie auch noch nach dieser Zeit bis in die Gegenwart vielfach erhalten. Durch die genannte Theorie aber wird die Frage nahegelegt, in wie weit die bekannten äusseren Kräfte, das Licht, die Schwere u. s. w. in dem Kampfe der Organismen um die Existenz in den Entwickelungsprozess der letzteren selbst ursächlich wirkend eingreifen, in wieweit sie Gestalt und Funktion derselben mitbestimmen. — Dieser Gedanke ist schon von Hofmeister [2]) ausgesprochen worden, allein die Thatsachen, welche er zur Stütze desselben anführt, haben sich bisher nicht als stichhaltig erwiesen.

---

1) J. F. Blumenbach, Ueber den Bildungstrieb. Göttingen, 1791. S. 31.

2) Hofmeister, Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig, 1868. S. 579 ff.

*) Anmerkung des Herausgebers. Auf meine Veranlassung hat Herr Professor Dr. H. Vöchting die Güte gehabt, einen abgekürzten Bericht über seine ausgedehnten, für die allgemeine Physiologie höchst bedeutungsvollen Untersuchungen für dieses Archiv auszuarbeiten. Ich spreche dem hochgeehrten Herrn Collegen deshalb meinen verbindlichsten Dank aus.

Pflüger.

Durch eine Reihe neuerer botanisch-physiologischer Arbeiten, welche sich in erster Linie an den Namen Sachs [1]) knüpfen, ist dargethan worden, dass die erwähnten äusseren Kräfte einen ganz bestimmten theils fördernden, theils hemmenden, theils richtenden Einfluss auf den Entwicklungsverlauf wachsender Pflanzentheile ausüben. Zugleich aber wurde dadurch die Existenz und Erscheinungsweise von Kräften gezeigt, welche lediglich dem Organismus eigen, und auf jene äusseren Momente zur Zeit nicht zurückzuführen sind. Hierher gehört vor Allem die grosse Wachsthumscurve, welche jedes Gebilde in den Stadien der Jugend, der Entwicklungshöhe bis zum Wachsthumsabschluss durchläuft.

Von Neuem musste sich hierbei die Frage aufdrängen, ob nicht die äusseren Kräfte auch auf die Gestaltbildung der Pflanzen von Einfluss seien, nur musste nach einem passenden Angriffspunkte zur Lösung dieser Frage gesucht werden. Als solcher schien sich am geeignetsten die Entstehung von Neubildungen an Pflanzentheilen darzubieten, und es wurde daher die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, welche Kräfte es sind, äussere und innere, durch die der Ort von Neubildungen an Pflanzentheilen bestimmt wird.

Es ist klar, dass eine derartige Aufgabe zunächst nur auf dem Boden der Botanik mit Erfolg gestellt werden kann. Alle höher gebauten Thiere erreichen mehr oder minder schnell einen Zustand der Entwickelungshöhe, der nicht überschritten wird. Ist dieser Zustand erreicht, dann findet in den Organen wohl steter Stoffwechsel und dementsprechend beständige Neubildung statt, allein im normalen Verlauf werden niemals neue Organe erzeugt. Ganz anders die Pflanze. Von der Jugend bis zum Alter herrscht hier ein stetes Neubilden, ein beständiges Wachsen. In jeder neuen Vegetationsperiode entsteht am Baum an den vorhandenen eine Summe neuer Organe, während die alten theilweise bleiben und selbst ein neues Wachsthum erfahren. — Auf diesen Umständen beruht es, dass die Thierphysiologie sich in erster Linie als Physiologie der Leistung und des Stoffwechsels, die pflanzliche dagegen in einem hauptsächlichen Theile als Physiologie des Wachsthums darstellt.

Mit der experimentellen Lösung der erwähnten Aufgabe bin ich seit geraumer Zeit beschäftigt. Die Untersuchung, ursprünglich

---

1) Vergl. die verschiedenen Hefte der »Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg«, und »Lehrbuch der Botanik«, IV. Aufl. S. 741 ff.

auf einen engeren Raum berechnet, hat allmählig eine immer grössere Ausdehnung gewonnen, und zu Problemen geführt, die weit ausserhalb des anfänglich gespannten Rahmens liegen. Es stellte sich nämlich sehr bald heraus, dass ausser den wirklichen Neubildungen auch die Ausbildung einer Reihe von vorhandenen, aber ruhenden Anlagen in Betracht zu ziehen sei, ja dass es in Bezug auf die Wirkung einer Kraft in vielen Fällen fast dasselbe ist, ob Anlagen vorhanden sind, oder erst neu erzeugt werden müssen. Nur durch die Beachtung dieser Verhältnisse wird das Wesen gewisser erblicher Kräfte klar, auf deren Wirkung ein nicht unerheblicher Theil der gesammten Gestaltung des Pflanzenkörpers beruht. Unter den Untersuchungen und deren Resultaten, welche bis jetzt angestellt resp. gewonnen wurden, haben, wie ich glaube, einige ein allgemeineres Interesse, und ich bin daher der freundlichen Aufforderung des Herrn Herausgebers dieses Archivs gern gefolgt, ihm für das letztere ein kurzes Referat über dieselben zu geben.

Dieses Referat, das ich hier vorlege, kann natürlich ein nur sehr kurzes sein. Es ist unmöglich, auf einem engen Raume alle Versuchs-Einzelheiten, die zu einer strengen Beweisführung nothwendig sind, und die sämmtlich Glieder einer zusammenhängenden Gedankenkette darstellen, zu behandeln. Es können hier nur einige der wichtigeren Punkte herausgegriffen werden, und ich verweise in Betreff alles Weiteren auf meine ausführliche Arbeit, die demnächst im Verlage dieser Zeitschrift erscheinen wird.

Bevor ich zu meinem Gegenstand übergehe, will ich einige kurze Bemerkungen über mehrere technische Ausdrücke vorausschicken, die eine besonders häufige Anwendung finden.

An jedem der gröberen pflanzlichen Gebilde unterscheidet man den Scheitel oder die Spitze und die Basis. Die letztere bedeutet den Anheftungspunkt des Gebildes; die erstere wird bestimmt durch die Richtung, in welcher das Wachsthum desselben erfolgt oder erfolgt ist. Für jeden Zweig, jede Wurzel und jedes Blatt ergeben sich die beiden entgegengesetzten Enden hiernach ohne Weiteres. Wir wenden jene Bezeichnungen aber auch auf jedes aus einem ganzen Gebilde herausgeschnittene Stück an, und bezeichnen mit Spitze dasjenige Ende, welches der des ganzen Organes zu-, mit Basis dasjenige, welches demselben abgekehrt ist.

Hängt ein Spross vertical so, dass die Spitze nach oben gerichtet ist, so bezeichnen wir seine Lage als vertical-aufrecht oder bloss

aufrecht; sieht umgekehrt die Spitze nach unten, so nennen wir sie vertical-invers oder verkehrt. Bei horizontaler Lage haben die Bezeichnungen »oben« und »unten« die gebräuchliche Bedeutung dieser Wörter.

Eine grosse Zahl meiner Versuche wurde auf sehr einfache Weise ausgeführt. Es dienten nämlich dazu gewöhnliche Glashäfen von verschiedener Grösse. Dieselben hatten bei einem Durchmesser von 16 Cm. eine Höhe von 25 bis 40 Cm. Der Boden dieser Gläser wurde mit einer niedrigen Wasserschicht bedeckt, und die Innenwände mit weissem Fliesspapier ausgekleidet, das bis in das Wasser hinabragte und sich durch Capillar-Wirkung stets feucht erhielt. Nachdem nun das Glas oben mit einer Scheibe bedeckt war, füllte sich sein Innenraum ziemlich gleichmässig mit atmosphärischer Luft und Wasserdampf. Um stets einen geringen Luftwechsel zu ermöglichen, wurde die Scheibe so aufgelegt, dass sie nicht vollständig schloss. Die geringe Differenz, welche dadurch in dem Wasserdampfgehalt der höher und tiefer gelegenen Luftschichten im Gefässe entstand, blieb auf das Resultat des Versuchs nachweisbar einflusslos.

Mit solchen Gläsern liess sich nun sehr leicht manipuliren. Sie wurden nach Belieben verschiedenen Temperaturen ausgesetzt, und ebenso sehr wechselnden Graden der Beleuchtung. Handelte es sich darum, sie vor Lichteinfluss möglichst vollständig zu schützen, so wurden sie in mit einer Sandschicht bedeckte Schalen gestellt, und mit schwarzen Recipienten bedeckt, deren unterer Rand in die Sandschicht geschoben wurde. So hergerichtet wurde das Ganze dann noch in einen dunklen Schrank oder in ein ganz verdunkeltes Zimmer gebracht, und auf diese Weise ein Lichtausschluss hergestellt, der für den hier erforderlichen Zweck vollständig ausreichte.

Spitze und Basis am Zweige. In Gläsern, welche in der vorhin bezeichneten Art ausgerüstet waren, wurden nun Zweige und Zweigstücke sehr verschiedener Pflanzen frei aufgehängt. Als besonders günstig für unsere Zwecke erwiesen sich gewisse Weidenarten und es soll daher mit diesen begonnen werden.

Wir wählen zu unsern Versuchen zunächst im Monat Juli möglichst senkrecht aufwärts gewachsene junge Zweige von Salix viminalis, die ausserdem eine soweit als möglich allseitig gleichmässige Beleuchtung erfahren haben; entfernen ihre Blätter und zerschneiden sie in Stücke von einer Länge, die der Höhe der anzu-

wendenden Glashäfen entspricht. Von diesen Stücken nehmen wir diejenigen, welche auf ihrer ganzen Länge möglichst gleich dick und mit möglichst gleich stark entwickelten Knospen besetzt sind, Anforderungen, denen die aus der mittleren Region der Zweige entnommenen Stücke gewöhnlich am besten entsprechen. Hinsichtlich der Knospen ist darauf zu achten, dass sie keine Anlagen zu Blüthenständen enthalten, sondern lediglich Laubknospen sein dürfen.

Zweigstücke der eben beschriebenen Art stellen nun verhältnissmässig einfache Gebilde dar. Sie sind an den beiden Enden begrenzt durch horizontale Schnittflächen, und führen als Anlagen, welche in Betracht kommen, nur möglichst gleichmässig entwickelte Knospen. — Hängt man nun solche Stücke vertical-aufrecht im Hafenglase auf, und setzt dieses bei genügender Temperatur der Dunkelheit aus, so gewahrt man folgende Vorgänge. (Fig. 1.) Es entsteht an der Basis über der Schnittfläche rings um den Zweig eine grössere oder geringere Anzahl von Wurzeln, welche, nachdem sie die Rinde durchbrochen, in horizontaler oder wenig nach unten geneigter Richtung fortwachsen. Befindet sich dicht über der Schnittfläche eine Knospe, so bilden sich gewöhnlich auf beiden Seiten neben, ferner unter und nicht selten auch über derselben, je eine oder zwei Wurzeln, während die übrigen rings um den Stengel vertheilt sind. Doch ist die eben genannte Stellung der Wurzeln um die Knospe keine Regel, und sie ist um so weniger zu beobachten, je jünger das Zweigstück ist. — Während der geschilderten Processe an der Basis geht an dem entgegengesetzten Ende, der Spitze, ein anderer Vorgang von statten. Es wachsen nämlich die dort vorhandenen Knospen aus, und zwar so, dass sich die äusserste am schnellsten entwickelt, und dass ihr je nach der Kräftigkeit und Länge der Zweigstücke eine oder mehrere mit allmälig abnehmender Stärke folgen. In der Regel jedoch ist die Zahl der an den jungen Zweigstücken auswachsenden Augen nur eine geringe. Die in der Mitte und nach der Basis des Zweiges hin gelegenen Knospen bleiben im Ruhezustande.

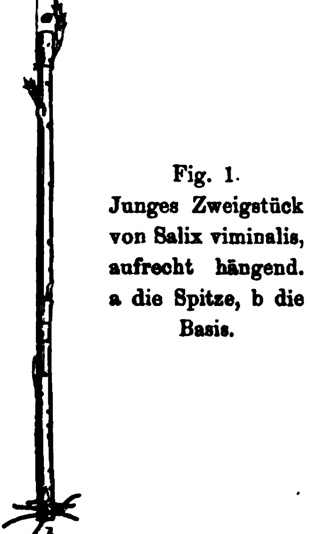


Fig. 1. Junges Zweigstück von Salix viminalis, aufrecht hängend. a die Spitze, b die Basis.

Wir haben sonach an unserm Zweigstücke zwei entgegengesetzte Processe: an der Spitze wachsen Knospen aus, an der Basis bilden sich Wurzeln. Die letzteren sind in diesem Falle echte Neubildungen; die ersteren waren als Anlagen vorhanden. Ein solches Zweigstück enthält sonach alle Elemente, welche zum Aufbau einer ganzen Pflanze erforderlich sind, und wir wollen das jetzt mit Wurzeln und Trieben versehene Gebilde als eine Lebenseinheit oder ein physiologisches Individuum[1]) bezeichnen.

In dem beschriebenen Versuch wurden den Objecten die sämmtlichen äusseren Lebensbedingungen gleichartig geboten; der Einfluss des Lichtes war ausgeschlossen. Es würden sonach die beobachteten Erscheinungen ohne Weiteres auf innere Kräfte zurückzuführen sein, wenn nicht noch ein Einfluss der Schwerkraft denkbar wäre. Dieselbe wirkt bekanntlich auf wachsende Stengel und Wurzelspitzen derart ein, dass die ersteren von dem Endmittelpunkte weg-, die letzteren ihm entgegen wachsen. Man könnte sich nun vorstellen, dass in unserm Experiment die Schwerkraft auf die beiden Enden der Objecte derart entgegengesetzt einwirkte, dass an der dem Erdmittelpunkte zugewandten Basis die Wurzeln gebildet würden, an der von diesem weggekehrten Spitze die Knospen auswüchsen. — Wäre dies aber der Fall, dann müssten, wenn wir die Zweigstücke umgekehrt aufhängen, die Erscheinungen hinsichtlich des Auswachsens von Knospen und Wurzeln den früher genannten gleich bleiben. Allein der zu diesem Zwecke angestellte Versuch lehrt, dass dies nicht stattfindet. Hängt man die Zweigstücke verkehrt im Glashafen auf, und lässt alle sonstigen Bedingungen den früheren gleich, so erzeugen sie Wurzeln an der nach oben gerichteten Basis, während sich an der nach unten hängenden Spitze die Knospen ausbilden. — Es zeigt zwar eine genauere und mit anderen Mitteln geführte Untersuchung, dass ein Einfluss der Schwerkraft vorhanden ist, der in dem oben angenommenen Sinne wirkt; allein derselbe ist an den hier benutzten Weidenzweigen so gering, dass er gar nicht, oder nur in selteneren Fällen sichtbar wird. Es folgt daher aus unsern Versuchen, dass die Wachsthumsvorgänge an den beiden entgegengesetzten Enden unserer Zweigstücke der Hauptsache nach auf

1) Eine kurze Geschichte der Entwickelung der Begriffe, welche man mit den Bezeichnungen der morphologischen und physiologischen Individualität verbunden hat und verbindet, wird der Leser in meiner ausführlichen Arbeit finden.

inneren Kräften beruhen, auf Kräften, die in dem morphologischen Aufbau derselben ihren Sitz haben. Ob es eine Kraft ist, welche die fraglichen Erscheinungen bewirkt, oder ob mehrere daran betheiligt sind, bleibt vorläufig dahingestellt. Wahrscheinlich ist, dass der beobachtete Effect die resultirende Wirkung einer ganzen Summe von Kräften darstellt. Der Kürze halber wollen wir im Folgenden stets von einer inneren Kraft[1]) sprechen.

Es ist eben gezeigt worden, dass jedes grössere Zweigstück mit Knospen sich zu einer Lebenseinheit ergänzen kann. Wir wollen nun darthun, dass es zur Erzeugung solcher Einheiten gar keiner völligen Durchschneidung der Zweige bedarf. Macht man nämlich in der Mitte eines der erwähnten Zweigstücke die bekannte Operation des „Ringelschnitts", d. h. hebt man durch zwei rings um den Zweig parallel verlaufende Kreis- und einen sie verbindenden Längsschnitt einen Ring von Rinde, Weichbast und Cambium bis auf das Holz ab, so zeigt sich dieselbe Erscheinung, welche beim völligen Durchschneiden der Zweige beobachtet wurde. (Fig. 2.) Es bildet sich nämlich, wenn das Zweigstück aufrecht hängt, unter dem Ringelschnitt eine neue Spitze, über ihm eine neue Basis; an dieser entstehen Wurzeln, an jener wachsen Knospen aus. Hängt man die operirten Zweigstücke verkehrt, so bleiben die Verhältnisse dieselben, nur dass sich dann die Basis unter, die Spitze über dem Ringelschnitt befindet.



Fig. 2. Jüngeres Zweigstück von Salix vitellina, aufrecht hängend. In der Mitte der Ringelschnitt. Bei a, a die Spitzen, bei b, b die Basen.

Es sei hier nun gleich bemerkt, dass der Ringelschnitt nur dann den erwähnten Effect hat, wenn das Object in anatomischer Beziehung den normalen dicotylen Bau wenigstens soweit besitzt, dass es im Mark und in der Markscheide keine Weichbast- oder Cambial-Elemente enthält, dass die letzteren sich nur ausserhalb des Holzkörpers finden; Anforderungen, welchen der Bau des Weidenzweiges völlig entspricht.

1) Auf die tieferen Beziehungen, welche diese Kraft zu dem Spitzenwachsthum im Allgemeinen darbietet, ist an diesem Orte nicht näher einzugehen.

Es liegt nun auf der Hand, dass wir an einem Zweigstück ausser dem einen noch mehrere Ringelschnitte anbringen können. Machen wir deren zwei, drei oder noch mehrere, so bilden sich so viele Lebenseinheiten, wie durch die Schnitte Theilstücke entstanden sind; bis, wenn man schliesslich über jedem Auge einen Ringelschnitt macht, die Einheit nur aus einer Knospe und dem zwischen den beiden Schnitten befindlichen Rindenstück besteht; das ganze Zweigstück aber in so viele Einheiten zerfällt, als es Knospen führt. Auch in diesem Falle zeigt sich, — immer vorausgesetzt, dass die Zweigstücke nicht über den früher erwähnten Alters-Zustand hinausgeschritten sind, — dass die Wurzeln, allerdings jetzt in geringer Zahl, unmittelbar über der basalen Schnittfläche entstehen. Selbstverständlich bleiben dieselben jetzt nur kurz, und wegen des geringen Quantums von vorhandener plastischer Substanz kommt es auch nicht selten vor, dass das Auswachsen der Knospen gänzlich unterbleibt, oder dass sie nur eben die äusseren Hüllen durchbrechen.

Im Anschluss an unser letztgemachtes Experiment entsteht nun die weitere Frage: wie werden sich die Verhältnisse gestalten, wenn man zum Versuche blosse Internodialstücke nimmt, Stücke, die gar keine Knospen und Knospennarben enthalten? Nach einer Reihe älterer Angaben soll ein Zweigstück nicht eher Wurzeln erzeugen können, bis es Laubsprosse gebildet hat; sind diese Angaben richtig? Wir stellen den Versuch mit unsern jungen Weidenzweigen an, und isoliren durch Ringelschnitte Internodialstücke, oder verwenden vollständig vom Zweige getrennte derartige Stücke. Als Resultat ergiebt sich, dass auch jetzt noch an der Basis derselben kleine Wurzeln erzeugt, dass aber an den Spitzen keine Knospen gebildet werden.

Viel leichter und schöner gelingt dieser Versuch, wenn man ihn mit Zweigstücken von krautartigen Pflanzen anstellt. Als solche habe ich besonders eine rasch wachsende Melastomee, Heterocentron diversifolium, verwandt. Selbst schwache Internodialstücke dieser Pflanze produciren auch dann noch reichlich Wurzeln, wenn sie nur wenige Centimeter lang sind. Aber auch hier habe ich bis jetzt an der Spitze niemals die Entstehung von Knospen beobachtet.

Da dieser Punkt aber für den Gang der Untersuchung von erheblicher Bedeutung war, so wurde nach einem Object gesucht, welches denselben in erwünschter Weise zur Erledigung brachte. Ein solches bot sich dar in den Zweigen gewisser Begonia-Arten. Hängt man Internodialstücke von Begonia discolor im Glashafen auf, so

bilden sich an der Spitze oder in der Nähe derselben aus der Rinde mehr oder minder zahlreiche Adventiv-Knospen. Will man diesen Versuch anstellen, so thut man am besten, gleich eine grössere Anzahl von den genannten Stücken aufzuhängen. Es geht nämlich stets eine beträchtliche Summe derselben zu Grunde ohne jede Production von Neubildungen, und nur bei einigen zeigen sich die fraglichen Erscheinungen. Und selbst unter diesen wenigen beobachtet man noch einzelne Ausnahmen hinsichtlich der Stellung der Knospen, Ausnahmen, deren genauere Besprechung hier jedoch zu weit führen würde, und in Bezug deren ich auf meine ausführliche Arbeit verweise.

Auf Grund unserer letzten Versuche müssen wir schliessen, dass selbst jedes isolirte Internodialstück noch die Fähigkeit besitzt, Wurzeln und Knospen zu erzeugen, dass es sich zu einer vollständigen Lebenseinheit ergänzen kann. Dass in einem Falle einmal keine Knospen, im andern keine Wurzeln gebildet werden, thut der Wahrheit der Sache keinen Abbruch. Schon das Gelingen eines einzigen Experimentes würde völlig beweisend sein.

Es wurde schon erwähnt, dass die Versuche, zumal die mit Internodialstücken von Heterocentron diversifolium, auch dann noch gelingen, wenn die Stücke selbst sehr kurz sind; nur dass dann die Producte derselben immer kleiner und unscheinbarer werden. Lässt man die Länge der Stücke noch weiter abnehmen, so werden endlich keine sichtbare Anlagen mehr erzeugt; und zwar offenbar desshalb, weil kein genügendes Quantum plastischer Stoffe dazu vorhanden ist. Daraus folgt aber nicht, dass den kurzen Stücken auch die blosse Fähigkeit zur Wurzelerzeugung abzusprechen ist; — diese wird vielmehr noch im kleinsten Stücke zu suchen sein, und wahrscheinlich selbst dann noch, wenn dasselbe nur die Höhe einer intakten Cambial-Zelle hat.

In allen bisherigen Fällen wurden die Lebenseinheiten durch Quertheilung der Zweigstücke, oder, was denselben Effect hat, durch Ringelung derselben hergestellt. Wir wollen nun sehen, welche Erscheinungen mit Längstheilung verbunden sind. Zu dem Ende spalten wir Zweigstücke der genannten Weidenarten der Länge nach und hängen die Theilstücke in gewohnter Art im Hafenglas auf. Es zeigt sich, dass an der Spitze der Theilstücke die vorhandenen Knospen auswachsen, während an der Basis aus der Rinde Wurzeln hervorgehen. Spaltet man kräftige Zweige in vier und selbst noch

mehr Stücke, so gewahrt man an den Theilstücken dieselben Erscheinungen. — Hebt man, um den Analogie-Versuch zum Ringelschnitt zu machen, schmale Längsstreifen aus der Seite eines Zweiges weg, so ist das Resultat dasselbe, welches beim völligen Spalten erhalten wird. — Hierher gehört noch eine Reihe weiterer Versuche, deren Besprechung hier aber zu weit führen würde.

Aus den angegebenen Thatsachen folgt, dass der Zusammenhang der einzelnen neben einander liegenden Längspartieen am Zweige ein sehr lockerer ist, und dass man es leicht erreichen kann, sie zu vollständig individuellem Verhalten zu bewegen.

Verbindet man die Resultate, welche sich aus den Längs- und Quertheilungen ergeben, mit einander, so gelangt man zu dem Schlusse, dass auch im kleinsten Zweigstücke noch, soweit es nur eine Gruppe intakter Cambialzellen enthält, die Fähigkeit zur Erzeugung einer ganzen Lebenseinheit vorhanden sein muss.

In allen bis jetzt beschriebenen Versuchen haben wir stets nur junge Zweige verwandt, solche, an denen die an denselben entstehenden Wurzeln echte, während des Versuches erzeugte Neubildungen darstellten. Wir wollen nunmehr mit älteren, und zwar zunächst einjährigen Zweigen experimentiren. Nimmt man im Frühjahr vor dem Austrieb der Knospen kräftige, im vorigen Jahr getriebene, möglichst senkrecht gewachsene Zweige der früher erwähnten Weidenart, Salix viminalis, schneidet sie in möglichst gleichförmig entwickelte und mit möglichst gleich starken Laubknospen besetzte Stücke, und hängt diese in gewohnter Art im Glashafen auf, so zeigen sie ein von den jungen etwas verschiedenes Verhalten. (Fig. 3.) Es bilden sich nämlich Wurzeln nicht nur an der Basis, sondern von dieser aus bis zu halber und selbst auf der ganzen Länge des Zweigstückes, jedoch derart, dass ihre Zahl, Dicke und Länge von der Basis aus allmälig abnehmen. Die Stellung dieser Wurzeln ist eine ziemlich bestimmte. Sie finden sich nämlich zu beiden Seiten, über und unter einer Knospe; in der Nähe der Basis stehen sie häufig an allen vier Orten; je weiter man sich davon entfernt, um so häufiger fehlen sie am einen oder andern

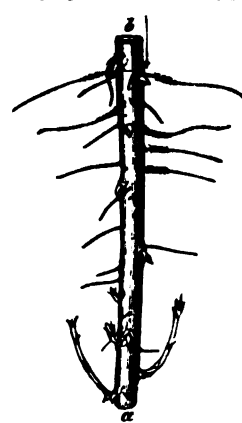


Fig. 3. Einjähriges Zweigstück von Salix viminalis, verkehrt hängend. a die Spitze, b die Basis.

Platze. Vereinzelt finden sie sich ausserdem an beliebigen Orten im Internodium. — Während der geschilderte Prozess an und von der Basis aus vor sich geht, entwickelt sich ein paralleler, aber umgekehrter an der Spitze. Es wachsen nämlich die Knospen an der Spitze und von derselben ausgehend bis zur Mitte des Stückes und selbst darüber hinaus aus, jedoch so, dass der apicale Trieb in der Regel die grösste Länge und Stärke erhält, und dass die folgenden darin allmälig abnehmen.

Was an diesen Zweigen im Vergleich mit den jungen, welche im Sommer zum Versuche benutzt wurden, auffällt, ist einmal die grössere Zahl und Stärke der Productionen, sodann der Ort derselben, ihr Fortschreiten von den beiden Enden. Was zunächst den ersteren Punkt, nämlich die grössere Zahl, Länge und Stärke der Productionen am einjährigen Zweige betrifft, so beruhen diese offenbar auf dem grösseren Quantum von Reservestoffen, welche in demselben enthalten sind. Das junge inhaltsarme Zweigstück kann unmöglich dasselbe leisten, auch wenn es gleichen äusseren Umfang hat. Derselbe Umstand wird auch auf den Ort der Neubildungen einen Einfluss haben; aller Wahrscheinlichkeit nach geht dieser aber nur dahin, dass die Grenzen der Ausbreitung der beiderlei Bildungen am Zweig dadurch verschoben werden, dass das Auswachsen der Wurzeln mehr auf die Basis, das der Knospen mehr auf die Spitze beschränkt bleibt. — Der wichtigste Grund jener Verschiedenheit aber ist jedenfalls in der blossen Altersdifferenz, und in der weiter vorgeschrittenen Ausbildung der vorhandenen Anlagen zu suchen. Am ganz jungen Spross zeigt sich der Gegensatz zwischen Spitze und Basis am entschiedensten. Schneidet man einem ganz jungen, noch zarten Zweige die Spitze weg, so wächst allein das apicale Auge aus; ist der Zweig älter, so bilden sich in Folge derselben Operation zwei oder selbst noch mehrere Knospen aus; und ist der Zweig endlich jährig, so gestalten sich die Verhältnisse so, wie sie oben geschildert wurden. — Was aber von den Knospen gesagt wurde, das gilt auch von den Wurzeln. Am ganz jungen Zweige sind kaum Wurzelanlagen vorhanden; es äussert sich daher die innere Kraft lediglich an der Basis. Allein schon nach wenigen Monaten werden an den Zweigen unsrer und der meisten Weidenarten Adventiv-Wurzeln gebildet, und zwar an den Orten, welche oben näher bezeichnet wurden. Sie bleiben hier als kleine, äusserlich völlig unsichtbare Anlagen in der Rinde verborgen, und gelangen unter normalen Verhältnissen nie,

ausnahmsweise aber dann zur weiteren Ausbildung, wenn äussere oder innere Einflüsse sie dazu bewegen. Dies geschieht nun in unserm Experiment, und desshalb wachsen die Anlagen aus. Uebrigens sei bemerkt, dass nicht alle sich entwickelnden Wurzeln aus vorhandenen Anlagen hervorgegangen zu sein brauchen; es ist recht wohl möglich, dass einzelne, zumal in der Nähe der Basis stehende, auch wirkliche, während des Versuchs entstandene, Neubildungen darstellen; ja bei anderen Arten ist dies sicher der Fall.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass Ringelschnitte an solchen Zweigen in derselben Weise Lebenseinheiten erzeugen, wie es am jungen Zweige geschieht.

Aus den angeführten Thatsachen folgt der wichtige Schluss, dass die innere Kraft, deren Wirkung sich an den beiden entgegengesetzten Enden des Zweigstückes äussert, im einen Falle selbst Anlagen erzeugt, im anderen auf vorhandene Anlagen einwirkt. Der Hauptsache nach ist das Resultat in beiden Fällen dasselbe, doch wird es im zweiten Falle durch die verhandenen Anlagen etwas modificirt. — Zu einer näheren Erörterung dieses Gegenstandes bietet gerade unser letztgenannter Versuch mit dem einjährigen Zweige die beste Handhabe. Man erinnere sich, dass wir Spitze und Basis an jeden beliebigen Ort verlegen können, und dass die sämmtlichen Anlagen am Zweigstücke gleich entwickelt sind. Aus dem Vergleich der Basis des jungen mit der des einjährigen Zweiges nun ergiebt sich, dass, wenn Anlagen vorhanden sind, diese sich in erster Linie entwickeln und die alleinige Wirkung der inneren Kraft an der Basis, wie wir sie an jungen Zweigen beobachten, verhindern. — Jede Anlage stellt sonach den Sitz einer Kraft dar, deren Wirkung dahin gerichtet ist, das Auswachsen der Anlage zu bewirken, und diese Kraft ist offenbar an gut gewählten Zweigstücken in allen gleichnamigen Anlagen gleich stark. Um nun eine der letzteren thatsächlich auswachsen zu lassen, genügt die Kraft allein nicht, sondern es muss noch ein anderer Factor hinzukommen. Diesen bietet nun in unserm Zweige die innere Kraft dar, welche der ganzen Lebenseinheit angehört, und an den beiden Polen das Maximum ihrer Wirkung ausübt. Am einen Ende wirkt sie knospen-, am andern wurzelbildend; von jedem der beiden Enden aus nimmt die Stärke der ihm entsprechenden Theile der Kraft allmälig ab, um am entgegengesetzten Ende oder auch schon früher gleich Null zu werden. —

Die meisten der bisher besprochenen Versuche wurden mit Zweigen von Salix viminalis angestellt; die letztgenannten Experimente bezogen sich lediglich auf diese Art. Dehnt man nun die Versuche auf andere Species aus, so zeigen sich zunächst gar keine Verschiedenheiten, wenn man ganz junge Zweige nimmt; es treten aber mancherlei Abweichungen auf, wenn mit einjährigen Zweigen experimentirt wird. Bei einigen Arten bilden sich Wurzeln nur oder fast nur an der Basis, bei anderen entstehen sie hauptsächlich an der Basis, ausserdem aber unregelmässig und zerstreut auf der halben oder unter Umständen auch auf der ganzen Länge des Zweiges. — Auch geringe individuelle Schwankungen kommen an Zweigen desselben Strauches vor, doch sind dieselben meist nicht erheblich. Dasselbe, was oben von den Wurzeln gesagt wurde, gilt auch für das Auswachsen der Knospen, nur dass — natürlich unter Voraussetzung der möglichst gleich starken Entwicklung derselben am ganzen Zweigstück — im Allgemeinen hier die Abweichungen von der Regel minder zahlreich sind[1]).

An allen bisher verwendeten Versuchs-Objecten waren sämmtliche Knospen möglichst gleichmässig ausgebildet. Wir wollen nunmehr zu den Fällen übergehen, in welchen dieselben eine verschiedene morphologische Dignität haben. An der Basis jeder Knospe am Weidenzweig werden zwei weitere Sprossanlagen erzeugt, die rechts und links von derselben stehen, und scheinbar Schwesterbildungen von ihr darstellen, in der That aber ihre ersten Axillarsprosse sind. Bei den einen Arten bleiben die letzteren klein, und sind kaum sichtbar; bei den andern erlangen sie eine beträchtliche Entwicklung, und stehen dann als ansehnliche Knospen neben dem Muttersspross. Wir wollen den letzteren als Primär-Spross oder -Knospe, die ersteren als Secundär-Sprosse oder -Knospen bezeichnen. Den ersteren kann man nun bei einiger Vorsicht fortbrechen, ohne dass den letzteren irgend ein Nachtheil geschieht. — Macht man diese Operation an sämmtlichen Knospen eines Zweigstücks, und überlässt dieses dann in gewohnter Art der weiteren Entwicklung,

1) Versuche der beschriebenen Art wurden an Zweigen der verschiedensten Pflanzen ausgeführt. Auf die Abweichungen, welche an manchen derselben auftreten, ist hier aber nicht näher einzugehen. — Erwähnt sei nur, dass in manchen Fällen Wurzeln nur an den Knoten gebildet werden, nie am Internodium. Dann aber ist unter den Knoten das mehrbesprochene Verhältniss zwischen Spitze und Basis vorhanden.

so zeigt sich im Allgemeinen das früher beobachtete Verhalten: es wachsen nur die Knospen der Spitze aus. Lässt man dagegen an den Zweigen einzelne Primärknospen stehen, und bricht nur die grössere Anzahl derselben fort, so findet sich, dass die stehengebliebenen einen Vorzug in der Entwicklung vor den Secundärsprossen der entfernten primären erfahren. Dieser Vorzug hat sein Maass in der Entfernung von der Spitze, in welcher ein Primärspross noch ebenso rasch auswächst, beziehungsweise gleich schnelle Entwicklung erfährt, wie diejenigen Secundärsprosse, welche an der Spitze stehen. Dieser Vorzug ist stets vorhanden, hat aber eine verschiedene Grösse; bald ist er geringer, bald dagegen sehr beträchtlich. — Diese Thatsachen lehren am besten, dass, wie es oben geschehen, man jede Knospe als den Sitz einer Specialkraft zu betrachten hat.

Ein ähnliches Verhältniss, wie es zwischen den primären und secundären Knospen besteht, findet sich nun auch zwischen den letzteren und den von noch höherer Ordnung. Hinsichtlich dieser Punkte aber, sowie der mancherlei Unregelmässigkeiten, welche bei Anwendung von Zweigen mit Knospen verschiedener Dignität vorkommen, wolle man meine ausführliche Arbeit vergleichen. Es wurde schon betont, dass der Gegensatz zwischen Spitze und Basis seinen schärfsten Ausdruck am jungen Spross erhält, dass er aber mit der Ausbildung der Anlagen durch diese allmählich beeinflusst wird. Man könnte nun die Frage aufwerfen, ob nicht im höheren Alter der Zweige jener Unterschied noch mehr abnehme und endlich ganz verschwinde. Zumal könnten zu einer derartigen Annahme die mannichfachen Abweichungen führen, welche man nicht selten bei Anwendung älterer Zweige zum Versuch beobachtet, an denen oft die vorhandenen Anlagen ein scheinbar völlig selbstständiges Verhalten zeigen. — Für eine speciellere Besprechung dieser Verhältnisse mangelt hier der Raum. Es sei aber darauf hingewiesen, dass wenn man ältere Stämme, wie z. B. die von Buchen, welche schon 1—2 und selbst noch mehr Fuss im Durchmesser haben, ringelt, an der unteren Wundlippe häufig zahlreiche kleine Adventiv-Sprosse gebildet werden, während aus der oberen mit Leichtigkeit Wurzeln hervorzulocken sind. — Durch diese Thatsache allein wird bewiesen, dass der Gegensatz zwischen Spitze und Basis in dem lebendigen Gewebe der Rinde des alten Stammes noch ebenso gut vorhanden ist, wie am jungen Zweige. Dass er sich dort nicht mit derselben

Energie äussert, wie hier, kann uns um so weniger in Verwunderung setzen, als ja alle Lebens- und besonders alle Wachsthumsprocesse in der Jugend lebhafter vor sich gehen, während sie mit steigendem Alter allmählich an Intensität verlieren.

Spitze und Basis an der Wurzel. Wir wollen nun sehen, wie sich die Wurzel hinsichtlich des uns interessirenden Punktes verhält. Zu dem Ende nehmen wir kräftige Wurzeln der Pyramiden-Pappel, Populus pyramidalis, schneiden dieselben in Stücke von bekannter Länge, und hängen diese in gewohnter Art im Glashafen auf. Um ein möglichst reines Resultat zu erhalten, ist bei der Wahl der Stücke darauf zu achten, dass ausser den beiden Einschnittflächen keinerlei erhebliche Verwundungen an denselben vorhanden sind. Finden sich, was häufig der Fall, an den Seiten kleine Zaserwurzeln, so schneidet man diese bis nahe über ihrer Basis weg.



Fig. 4. Wurzelstück von Populus pyramidalis. a die Spitze, b die Basis.

Hängt man die Stücke zunächst verkehrt (Fig. 4), d. h. so auf, dass die morphologische Spitze nach unten gerichtet ist, so bildet sich bei genügend hoher Temperatur in der Cambial-Region der beiden Endflächen ein Callus, und zwar mit besonderer Mächtigkeit an der basalen. Nicht lange darauf geht aus dem letzteren eine grosse Schaar von Knospen hervor, die zu langen vergeilten Trieben emporwachsen. An der Spitze hat es gewöhnlich mit der Bildung des Callus sein Bewenden; hin und wieder aber gehen aus demselben Wurzeln hervor. In diesem Falle stellt das Wurzelstück eine vollständige Lebenseinheit dar, ausgerüstet mit Allem, was zur Erhaltung der Existenz nothwendig ist. — Es sei hinzugefügt, dass Knospen und Wurzeln in der Nähe der ihnen entsprechenden Enden auch direct aus der Rinde entspringen können. Hängt man die Wurzelstücke aufrecht, so bleiben die Verhältnisse an ihnen dieselben; es entstehen Knospen an der nach unten sehenden Basis, Wurzeln an der entgegengesetzten Spitze. Bringt man an den Objecten Ringelschnitte an, so wird über und unter jedem

derselben eine Spitze und eine Basis erzeugt, welche sich in der gleichen Weise verhalten, wie die eines ganzen Stückes.

Unter besondern Verhältnissen zeigen Wurzelstücke selten vorkommende Ausnahmen von dem besprochenen Verhalten. Auf die Erörterung derselben, sowie auf eine Reihe weiterer Experimente kann ich hier jedoch nicht näher eingehen.

Aus dem Resultat des vorhin beschriebenen Versuchs folgt, dass die Spitze und die Basis an der Wurzel mit ähnlichen Functionen ausgerüstet sind, wie die betreffenden Theile des Zweiges. Nur herrscht hierbei der wichtige Unterschied, dass die Wurzel an ihrer Spitze wieder Wurzeln, der Zweig dagegen Knospen erzeugt; dass die Wurzel umgekehrt an ihrer Basis Knospen, der Zweig aber Wurzeln bildet. Zweig und Wurzel erzeugen demnach an ihren morphologischen Spitzen das Gleichartige, an den Basen das Entgegengesetzte.

Bringt man die besprochenen Verhältnisse in Beziehung zum Erdradius, so zeigt sich, dass im Allgemeinen stets der knospenbildende Theil an Wurzel und Stengel vom Erdmittelpunkte weg, der wurzelbildende demselben zugewandt ist. Die wichtigen Folgerungen, welche sich an diese Thatsache knüpfen, können hier jedoch nicht näher auseinandergesetzt werden.

Spitze und Basis am Blatt. Stengel, Wurzel und Blatt bilden die bekannte morphologische Trias am Pflanzenkörper. Wir haben nun noch zu sehen, wie sich das Blatt in der uns bewegenden Frage verhält. Zu diesem Zweck wählen wir die Blätter einer Pflanze, welche, wie aus der gärtnerischen Praxis bekannt, leicht Knospen bildet, nämlich die der Begonia Rex. Nimmt man kräftige Blattstiele dieser Pflanze, oder schneidet man aus der Blattfläche Längsstücke, welche von einem der stärkeren Nerven durchzogen sind, und hängt diese Stücke aufrecht oder verkehrt im Hafenglase auf, so gewahrt man folgenden Process (Fig. 5.) — Zunächst entstehen bei genügender Temperatur nach nicht langer Zeit an der Basis jedes Stückes, und zwar an der des Flächenstückes an dem starken Nerven desselben, Wur-

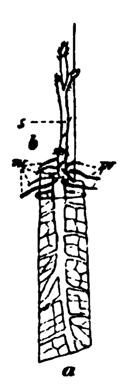


Fig. 5. Stück aus der Fläche des Blattes von Begonia Rex. a die Spitze, b die Basis. An der letzteren der nach oben wachsende Spross; bei w, w Wurzeln, die theils der Basis des Blattstückes, theils der des Sprosses angehören. (Der Holzschnitt hat den Mangel, dass die Linien an der Basis des Blattstückes nicht deutlich genug hervortreten.

zeln; gewöhnlich bilden sie sich ringsum auf allen Seiten der Basis. Nach einiger Zeit treten auch Knospen auf, allein nicht, wie man vielleicht erwarten sollte, an der Spitze, sondern ebenfalls an der Basis; die Spitze bleibt hier knospenfrei. An der Basis des Blattstieles entstehen die Sprossanlagen ringsum an beliebigen Punkten; an dem Nerven eines Flächenstücks vorwiegend auf der einstigen Ober-, selten auf der Unterseite.

Auch bei diesen Versuchen bleibt es im Wesentlichen einflusslos, ob die Blattstücke aufrecht oder verkehrt hängen.

Auf die besondern Eigenthümlichkeiten mancher Blätter, Vegetations-Centra zu besitzen, ist hier nicht näher einzugehen. — Erwähnt sei übrigens noch, dass die Blätter mancher Pflanzenarten an ihrer Basis blos Wurzeln erzeugen. In Erde gesetzt, kann man solche Blätter monatelang cultiviren.

Das auffallende und abweichende Verhalten des Blattes in Bezug auf den Ort der Wurzel- und Knospenproduction hat aller Wahrscheinlichkeit noch seinen Grund in der Wachsthumsweise desselben. Stengel und Wurzel haben im Allgemeinen ein unbegrenztes Wachsthum; ihr Vegetationspunkt wächst in manchen Fällen ununterbrochen; in andern geht er periodisch in Ruhe über, um später seine Thätigkeit wieder aufzunehmen. Ganz anders aber das Blatt. Nach Durchlaufung einer grösseren oder geringeren Wachsthumsperiode erreicht es seine definitive Grösse, und geht nach Erlangung derselben unter normalen Verhältnissen nie wieder in den wachsenden Zustand über. Mit diesem Verhalten stehen offenbar die vorhin erwähnten physiologischen Erscheinungen im Zusammenhang. — Dass Stengel und Wurzel ein unbegrenztes Wachsthum besitzen, beruht in dem gesammten cellularen Aufbau derselben; dasselbe gilt von dem Blatt in Bezug auf sein begrenztes Wachsthum. — Unterbricht man nun das Wachsthum des Stengels oder der Wurzel durch Wegschneidung der Spitze, so setzt sich dasselbe an den ihr nächststehenden, schon vorhandenen oder dort erst erzeugten Anlagen fort; und genau dasselbe gilt von der Unterbrechung des Wachsthums an der Basis. Es wird also das unbegrenzte, aber durch den Schnitt unterbrochene Wachsthum der Wurzel und des Stengels von den an den entsprechenden Enden vorhandenen Anlagen oder Neubildungen übernommen. — Anders das Blatt mit seinem begrenzten Wachsthum. Sollte ein beliebiges Stück aus demselben an seiner Basis Wurzeln, an seiner Spitze Knospen er-

zeugen, so müsste sein ganzes Gewebe den Charakter annehmen, welchen das eines unbegrenzt wachsenden Gebildes besitzt. Da dies aber nicht möglich ist, so entstehen die sämmtlichen Neubildungen an einem Orte, und zwar an der Basis. —

Wir fassen die bisher gemachten Erfahrungen zusammen und knüpfen daran einige weitergehende Folgerungen.

Es wurde experimentell dargethan, dass in jedem auch nur kleinen isolirten Theile der morphologischen Hauptglieder des Pflanzenkörpers die Elemente ruhen, aus denen die ganze, mit allen Organen ausgerüstete Pflanze sich aufbauen kann; dass jeder derselben die Fähigkeit besitzt, sich zu einer vollständigen Lebenseinheit zu ergänzen.

Der Ort derjenigen Gebilde, welcher ein isolirter Pflanzentheil zu seiner Ergänzung zu einer vollständigen Lebenseinheit bedarf, hängt von der in unserer Gewalt stehenden Begrenzung dieser Einheit ab. An welchem Orte ich eines der genannten pflanzlichen Gebilde durchschneiden mag, es entsteht dadurch eine Spitze und eine Basis. Es hängt ganz von meiner Willkür ab, denselben Ort zur Spitze oder zur Basis einer Lebenseinheit zu machen.

Sind an den genannten Enden eines isolirten Stückes ruhende Anlagen vorhanden, so bilden sich diese aus; finden sich deren keine vor, so werden sie neu gebildet. Sie gehen gewöhnlich direct oder durch Vermittlung eines Callus aus Cambial-Gewebe hervor, können aber auch, wie ich bei Begonia selbst gesehen, direct aus den schon völlig in Dauergewebe übergegangenen Zellen der Epidermis und der äusseren Rinde entstehen.

Daraus folgt, dass keine vegetative Zelle am Pflanzenkörper eine specifische und unveränderliche Energie besitzt, sondern dass ihre Function bestimmt wird durch das physiologische Individuum, von dem sie einen Theil bildet.

Und zwar ist es in erster Linie der Ort an der Lebenseinheit, welcher die Function der Zelle bestimmt. — Die Cambial-Zellen im Internodium eines Heterocentron-Zweiges erzeugen normal nach Innen Holz-, nach Aussen Bastzellen; unter gewöhnlichen Verhältnissen bilden sie keine Wurzeln. Nun durchschneide ich das Internodium in der Mitte. Das abgeschnittene Stück wird zur Lebenseinheit, und somit durch den Schnitt in demselben ein Kräftespiel ausgelöst, in Folge dessen die Cambial-Zellen über der Schnitt-

fläche stellenweis in Wurzelzellen übergehen. — In andern Fällen geht, wie erwähnt, Dauergewebe direct in den Zustand des Vegetationspunktes über.

Der eben berührte Gegenstand führt zu einer weiteren Erörterung über das Verhältniss der einzelnen Zelle zum ganzen Organismus, zur Lebenseinheit; einer Erörterung, die schon vor bald vierzig Jahren von Schwann[1]) angebahnt wurde. Nach Durchführung seiner bekannten classischen Untersuchungen wirft er die Frage nach den Ursachen der organischen Erscheinungen, des Wachsthums u. s. w. auf. Seiner Auffassung nach sind hierbei nur zwei Fälle denkbar. Entweder die Ursache liegt in der Totalität des Organismus. »Durch die Zusammenfügung der Molecüle zu einem systematischen Ganzen, wie der Organismus auf jeder Entwicklungsstufe ist, wird eine Kraft erzeugt, vermöge welcher ein solcher Organismus im Stande ist, neue Stoffe von Aussen aufzunehmen und zur Bildung neuer oder zum Wachsthum seiner vorhandenen Elementartheile zu verwenden. Die Ursache des Wachsthums der Elementartheile liegt also hier in der Totalität des Organismus. Die andere Erklärungsweise ist die: das Wachsthum geschieht nicht durch eine im ganzen Organismus begründete Kraft, sondern jeder einzelne Elementartheil besitzt eine selbstständige Kraft, ein selbstständiges Leben, wenn man es so nennen will, d. h. in jedem einzelnen Elementartheile sind die Moleküle so zusammengefügt, dass dadurch eine Kraft frei wird, wodurch er im Stande ist, neue Moleküle anzuziehen und so zu wachsen, und der ganze Organismus besteht nur durch die Wechselwirkung seiner Elementartheile. Hier sind also nur die einzelnen Elementartheile das Active bei der Ernährung, und die Totalität des Organismus kann zwar Bedingung sein, aber Ursache ist sie nach dieser Ansicht nicht.«

Schwann entscheidet sich nun für die letztere Annahme, und zwar in erster Linie auf Grund der Thatsache, dass bei einer Anzahl Organismen, zumal niederer Pflanzen, einzelne Zellen, auch blos vegetative, welche von ihrem mütterlichen Organismus losgelöst sind, selbstständig weiter wachsen und sich zur vollständigen Pflanze entwickeln können. In diesem Falle ist der Nachweis des selbstständigen Lebens der Zelle unmittelbar geliefert. Da nun aber

1) Schwann. Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839. S. 227 ff.

alle Zellen im Wesentlichen gleich gebaut sind, so werden sie auch alle eine ähnliche individuelle Selbstständigkeit besitzen.

Wenn auch Manches für die Richtigkeit dieser Annahme sprach, so konnte doch Johannes Müller[1]) mit Recht hervorheben, dass der Beweis nur für gewisse niedere Thiere und Pflanzen erbracht sei, und dass die Berechtigung zu einer Verallgemeinerung der darauf begründeten Schlüsse bestritten werden könne.

Ein neuer Versuch zur Erledigung dieser Frage, und zwar, was allein beweisend sein kann, auf experimentellem Wege, ist bisher nicht gemacht worden. Die neueren Anschauungen über die Individualität der Zelle, welche zumal auf dem Boden der pflanzlichen Morphologie und der thierischen Cellular-Pathologie erwachsen sind, betreffen im Grunde nur eine relative Selbstständigkeit der Zelle; der eigentliche Kern der Frage, jene Alternative, die schon von Schwann aufgeworfen wurde, wird dabei nicht berührt. Wenn eine einzelne Zelle mitten im gleichmässig gesunden Gewebe plötzlich eine krankhafte Veränderung eingeht, so ist damit keineswegs erwiesen, dass nun auch die Ursache zu dieser Veränderung in der davon betroffenen Zelle ruht. Es ist möglich, ja nicht unwahrscheinlich, dass dies der Fall ist, aber ein Beweis dafür ist nicht gegeben; es könnte die Ursache auch recht wohl von der Totalität, von der Lebenseinheit ausgehen. — Wenn eine beliebige aus einem thierischen oder pflanzlichen Körper entnommene Zelle unter günstigen Bedingungen längere oder kürzere Zeit am Leben zu erhalten ist, so ist auch damit nur ihre relative Selbstständigkeit dargethan; die Möglichkeit, dass dieselbe eine bestimmte Zeit selbstständig existiren kann. Welchen Antheil aber die einzelne Zelle an dem Aufbau des ganzen Organismus habe, und welche Rückwirkung dieser wieder auf sie ausübe: diese Fragen sind damit nicht im Geringsten berührt.

Zur Lösung dieses Problems, soweit es das Pflanzenreich betrifft, glaube ich nun durch meine Untersuchungen einen zwar nicht abschliessenden, aber auch nicht unwesentlichen Beitrag geliefert zu haben.

Was zunächst, wie schon erwähnt, definitiv erwiesen wurde, ist die Thatsache, dass in jedem auch nur kleinen Bruchstück eines jeden der drei hauptsächlichsten morphologischen Glieder an der Pflanze die Elemente ruhen, aus denen der ganze Körper sich aufbauen kann. Bedingung hierbei war es nur, dass das Bruchstück

1) Johannes Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen. II. Bd. Coblenz 1840. S. 614 u. 615.

plastische Stoffe, und, wenigstens gilt dies für die meisten Fälle, eine Partie cambialen Gewebes enthält.

Nun wissen wir aber, dass bei gewissen Pflanzen der Cambiumring periodisch seine Thätigkeit einstellt, und dass seine Zellen dann in Dauergewebe übergehen. Soll in der folgenden Wachsthumsperiode von Neuem Dickenwachsthum stattfinden, so wird der dasselbe vermittelnde Cambiumring nicht in dem Dauergewebe, in welches sich der frühere verwandelt hat, sondern in der secundären oder auch primären Rinde erzeugt. Das erstere ist der Fall bei Phytolacca decandra, das letztere bei Cocculus laurifolius. Aus Rindenparenchym geht hier also Cambial-Gewebe hervor. — In anderen Fällen bilden sich in der Rinde und im Mark Gefässbündel mit fortbildungsfähigem Cambium; so bei manchen Cacteen, Melastomeen u. A. Mark- und Rindenzellen erzeugen hier cambiales Gewebe. — Bei manchen Pflanzen geht die Bildungsschicht des Korkes, das Kork-Cambium, aus Epidermiszellen hervor; aus Kork-Cambium entsteht nicht selten secundäre Rinde, die in ganz normaler Weise ausgerüstet ist. Es wäre recht wohl möglich, dass solche Rindenzellen local in cambiales Gewebe übergehen könnten. Allein wenn dies auch nicht der Fall wäre, so würde durch die früher besprochene Beobachtung dargethan, dass schon in Dauergewebe übergegangene Epidermiszellen sich direct an der Bildung von Adventiv-Sprossen betheiligen können.

Fasst man die Gesammtheit dieser Thatsachen ins Auge, so ergiebt sich, dass jede morphologische Gewebeform potentiell im Stande ist, Cambialzellen zu erzeugen. — Ist dies aber der Fall, so verändert sich der früher aus derErfahrung abgeleitete Satz, dass jedes Bruchstück eines jeden der drei morphologischen Hauptglieder an der Pflanze, wenn es nur eine Gruppe intakter Cambialzellen enthält, im Stande ist, die ganze Lebenseinheit herzustellen, dahin, dass dieselbe Fähigkeit jedem beliebigen Complex lebendiger vegetativer Zellen zukommt.

Soweit wäre die Sache erledigt. Nun aber stehen wir wieder vor jener Schwann'schen Alternative: ist es der Complex, in dem die Fähigkeit ruht, oder haben wir die letztere auch der einzelnen Zelle beizulegen, aus welcher der Complex besteht? Hier lässt uns der Versuch im Stich. Wir haben gesehen, dass, wenn die Versuchs-Objekte eine bestimmte untere Grenze in ihrer Grösse abwärts überschreiten, keine sichtbare Neubildungen mehr erzeugt werden. Gelingt es unter günstigen Umständen, auch eine einzelne Gewebezelle längere

Zeit am Leben zu erhalten, so ist es gegenwärtig doch völlig unmöglich, sie zum ganzen Organismus heranwachsen zu lassen. Es bleibt daher unser obiger Satz experimentell nur für den Complex bewiesen.

Betrachtet man die Sache dagegen im Licht der heutigen allgemeinen Anschauung, zumal vom Standpunkte der Descendenz-Theorie aus, so kann man über die Stellung, welche hier einzunehmen ist, nicht lange im Zweifel sein. Nach der jetzt allgemein geläufigen Vorstellung haben sich die complicirt gebauten Organismen aus einfachen entwickelt. Es muss demnach einen Zeitpunkt gegeben haben, in welchem aus einzelligen Organismen mehrzellige hervorgegangen sind. Diese einzelnen Zellen haben somit die Fähigkeit besessen, einen Complex aus sich hervorzubringen. Wollte man, hiervon ausgehend, nun auch noch den späten Descendenten jener ersten Zellen dieselbe Fähigkeit zuschreiben, so liesse sich allerdings einwerfen, dass für die Richtigkeit dieser Ansicht keine directen Beweise zu erbringen seien, und dass jene ursprünglich vorhandene Fähigkeit später wieder verloren gegangen sein könnte. Es ist nicht unmöglich, ja vielleicht sogar wahrscheinlich, dass die letztere Annahme für Gewebe, welche zum Zweck sehr weit gehender Arbeitstheilung eine sehr verschiedene Ausbildung erfahren, — wie es besonders im Körper der höheren Thiere der Fall ist, — thatsächlich Geltung hat; allein für den verhältnissmässig einfach und gleichförmig gebauten pflanzlichen Zellcomplex, auf den uns die Untersuchung zurückgeführt hat, dürfte sie schwerlich zutreffen. Hier spricht vielmehr Alles dafür, dass auch noch in dem einzelnen Element die Fähigkeit zur Erzeugung des Ganzen ruht, dass gewisser Massen der ganze Organismus in der einzelnen Zelle schlummert. — Für eine weiter gehende Discussion, und die Erörterung der positiven Stütze, welche diese Ansicht durch das Studium gewisser niederer Pflanzen erhält, sowie für ein tieferes Eindringen in das Wesen der Lebenseinheit, fehlt es hier jedoch an Raum.

Wir gehen nunmehr wieder zu unserer experimentellen Untersuchung über. In den bisher besprochenen Versuchen wurden den Objecten möglichst gleichförmige äussere Lebensbedingungen geboten; wir wollen jetzt die Untersuchung dahin abändern, dass die letzteren verschiedenen Theilen desselben Objekts ungleichförmig dargereicht werden. Doch können aus der grossen Reihe von Versuchen, welche in dieser Richtung angestellt wurden, hier nur ganz wenige mitgetheilt werden.

Um zunächst verschiedenen Theilen der Oberfläche eines Zweiges Wasser in flüssiger Form bieten zu können, wurden auf die Zweige weiche, aber fest anschliessende Kautschuckpfropfen und auf diese Glasröhren geschoben, die mit Wasser gefüllt wurden. Das letztere konnte so an ganz beliebigen Orten, an der Spitze, in der Mitte und an der Basis mit der Oberfläche der Zweige in Berührung gebracht werden. Das Resultat, das sich ergab, war ein verschiedenes je nach den Arten, die zum Versuch verwendet wurden. Ich habe besonders mit Zweigen verschiedener Weidenarten experimentirt, und bin für diese zu dem Ergebniss gekommen, dass die locale Berührung der Oberfläche mit Wasser keinen oder jedenfalls keinen beträchtlichen Einfluss auf das Entstehen von Neubildungen, speciell Wurzeln, an dem betreffenden Orte hat; und dass dasselbe bezüglich der ersten Stadien des Auswachsens vorhandener Anlagen gilt. — Nimmt man Zweigstücke von solchen Arten zum Versuch, welche unter gleichförmigen Lebensbedingungen nur an der Basis Wurzeln erzeugen, und bietet ihnen an der Spitze oder in der Mitte flüssiges Wasser, so bleiben sie hier gewöhnlich wurzellos; während an der Basis bald Wurzelanschwellungen entstehen, die in feuchter Luft oder in Wasser auswachsen, in trockener Luft dagegen als kleine Hügel unter der Rinde verborgen bleiben, oder diese eben durchbrechen. — Macht man dieselben Experimente dagegen mit Arten, welche auch weiter von der Basis entfernt Wurzeln auswachsen lassen, wie Salix viminalis, so bilden sich bei localer Wasserberührung an der Spitze und in der Mitte der Zweigstücke wohl Wurzeln aus, allein sie erfahren in der Regel nur denjenigen Grad der Ausbildung, und entstehen in derjenigen Zahl, welche ihrer Entfernung von der Basis entsprechen. Es versteht sich von selbst, dass, da das local der Oberfläche gebotene Wasser beim Aufbewahren der ganzen Vorrichtung in trockener Luft zur Unterhaltung der Lebensprozesse der Zweige nicht ausreicht, man für weitere Zufuhr durch die obere oder untere Schnittfläche Sorge zu tragen hat.

Die mannigfachen Modificationen, welche die erwähnten Versuche zulassen, sollen hier nicht näher erörtert werden.

Anstatt local Wasser darzubieten, kann man auch feuchte Erde anwenden. Man hat dann nur statt der Röhren Töpfe auf die Zweige zu schieben, diese mit Erde zu füllen und das Ganze in passender Weise am Stativ zu befestigen. Diese Versuche treffen dann, wenn sie dem Tageslicht ausgesetzt werden, mit gewissen ähnlichen zusammen, die schon

im vorigen Jahrhundert Duhamel du Monceau anstellte. Da dieselben aber in ihrem Ergebnisse mit den zuletzt besprochenen übereinstimmen, so will ich hier auf eine nähere Besprechung derselben verzichten.

Hängt man einjährige Weidenzweige, die mit Wurzelanlagen versehen sind, mit ihrem basalen Theile in Wasserschichten von einer Höhe von etwa 20 Cm., und lässt das apicale Ende in die Luft ragen, so verhalten sie sich hinsichtlich des Auswachsens der Wurzelanlagen gewöhnlich abweichend von der Regel. Es bilden sich nämlich zunächst diejenigen Anlagen aus, welche sich im Bereich der höheren Wasserschichten in der Nähe der Oberfläche befinden. Ihnen folgen die der tieferen Regionen, doch so, dass ihre Länge nach unten allmälig abnimmt. Die Knospen dagegen verhalten sich in ihrem Auswachsen im Allgemeinen normal. — Die Ursachen des eben erwähnten Verhaltens der Wurzeln beruhen in Folgendem. Der im Wasser enthaltene Sauerstoff genügt für einen raschen Entwicklungsprozess der in dasselbe geführten Zweige oder Theile der Zweige nicht; es muss, damit ein solcher stattfinden soll, durch die in der Luft befindlichen Theile der Zweige den im Wasser stehenden Sauerstoff entweder direkt oder in irgend einer Verbindung zugeführt werden. Diese Zufuhr kommt den in der Nähe der Oberfläche liegenden Anlagen am ausgiebigsten zu statten; diese wachsen daher am längsten aus. Je weiter nach unten, um so schwächer wird die Zufuhr, und um so langsamer findet der Wachsthumsprozess statt.

Das eben beschriebene Verhalten gilt aber im Allgemeinen nur für die erste Zeit, in welcher die Knospen noch nicht oder nur wenig ausgewachsen sind. Sobald die Zweige an ihrem apicalen Theile kräftige Laubtriebe erzeugt haben, tritt Assimilation und lebhafterer Stoffwechsel ein; die Zufuhr von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Verbindungen geht jetzt auch nach den am tiefsten im Wasser befindlichen Theilen ausgiebig genug vor sich, und nun macht die Basis ihr Recht geltend. Sie producirt Wurzeln, welche an Länge oder Zahl oder an beiden den der übrigen Theile im Bereich des Wassers gleich kommen, oder dieselben meistens sogar übertreffen. Auf eine specielle Beweisführung für die Richtigkeit dieser Angaben und eine Reihe einschlagender Versuche ist hier jedoch nicht näher einzugehen. Es sei nur erwähnt, dass wenn man in geeigneter Weise junge Zweige zum Versuche anwendet, die Wirkung der inneren Kraft schon von Anfang an kräftiger ist, und trotz der äusseren Hindernisse das Entstehen der Wurzeln an der Basis veranlasst.

Mit Uebergehung einer Anzahl weiterer Experimente, welche den Einfluss anderer Factoren, z. B. eines künstlich erhöhten Wasserdruckes im Innern der Zweige, auf das Auswachsen von Anlagen hat, wenden wir uns jetzt zu den Versuchen, welche den Einfluss des Lichtes betreffen. Dieselben beziehen sich in erster Linie auf die Wurzeln und nur diese sollen hier Berücksichtigung finden.

Das schönste Resultat haben die Experimente mit einer kleinen Pflanze aus der Familie der Cacteen, Lepismium radicans[1]), gegeben. Die Stengel derselben kriechen auf dem Boden oder erheben sich wenig über denselben. Sie sind nur mit kleinen schuppenartigen Blättchen besetzt, welche auf zwei oder drei flügelartig vorspringenden Kanten stehen; im ersteren Falle haben dieselben häufig eine breite, blattartige Gestalt. Auf der Mitte ihrer breiten Seiten, über dem kleinen Holzkörper, erzeugen die Stengel Luftwurzeln und zwar in längeren oder kürzeren Längsreihen; häufig stehen sie kammartig auf der Mitte der ganzen Längsseite eines Zweiges. An horizontal auf dem Boden liegenden Sprossen nehmen sie gewöhnlich die Unterseite ein; bei hängenden oder aufrechten sind sie scheinbar regellos vertheilt.

Die Untersuchung ergiebt nun, dass diese Wurzeln stets auf derjenigen Seite des Stengels gebildet werden, welche am schwächsten beleuchtet ist; nie auf derjenigen, welche vom direct einfallenden Licht getroffen wird. Bindet man die Zweige vertikal und stellt sie so, dass die eine Seite vom Licht getroffen wird, so entstehen die Wurzeln auf der Schattenseite. Sind hier nun mehrere Wurzeln gebildet und man kehrt die Pflanze um, so dass die frühere Schattenseite nunmehr zur beleuchteten wird, so werden die neuen Wurzeln wieder auf der Schattenseite erzeugt. Befestigt man Zweige so, dass sie horizontal vom Topfe abstehen, und auf keiner Seite von einem beschattenden Gegenstande berührt werden — was durch geeignete Manipulation leicht zu erreichen ist — und lässt das Licht von oben einfallen, so entstehen die Wurzeln auf der Unterseite. Bringt man nun den Topf so an, dass die Zweige ihre horizontale Stellung behalten, jedoch von unten beleuchtet werden, so bilden sich die neu

1) Nähere Angaben über diese Pflanze wolle man nachsehen in meinen Beiträgen zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen. Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, herausgeg. von Pringsheim, Bd. IX, S. 362, 395 u. s. w. In den botanischen Gärten geht die genannte Art gewöhnlich unter der Bezeichnung Rhipsalis spec. oder Lepismium spec. Der oben gebrauchte Name rührt von mir her.

entstehenden Wurzeln auf der Oberseite. Stellt man die Objecte in's Dunkle, so steht ihr Wachsthum meist bald still; in einzelnen Fällen setzt es sich dagegen noch auf kurze Strecke fort. Hierbei habe ich zweimal die Beobachtung gemacht, dass an früher einseitig beleuchteten Zweigen das im Dunkeln gewachsene Stück auf beiden Seiten Wurzeln erzeugte.

Es sei hinzugefügt, dass die Wurzeln meist schon in geringer Entfernung von der wachsenden Vegetationsspitze angelegt werden, und dass der ganze Bildungsprozess derselben mit Leichtigkeit zu verfolgen ist.

Wir haben hier demnach den bemerkenswerthen Fall, dass es eine äussere Kraft ist, welche in erheblicher Weise in die Bestimmung des Ortes einer Neubildung eingreift. Und zwar wirkt die Kraft, das Licht, derart, dass sie da, wo ihre Wirkung am energischsten stattfindet, das Entstehen der Neubildungen unterdrückt; dass die letzteren nur da sich bilden, wo der Einfluss der Kraft am geringsten ist. Ueber alles Weitere, besonders welche Strahlen des Spectrums es sind, die hier wirksam eingreifen, verweise ich auf meine ausführliche Arbeit.

In den eben angeführten Versuchen waren es echte Neubildungen, auf deren morphologischen Ort das Licht bestimmend einwirkte. Wir wollen nun sehen, welcher Art der Einfluss desselben auf das Auswachsen vorhandener Anlagen ist.

Es wurde oben erwähnt, wie regelmässig die Stellung mancher Wurzelanlagen in der Rinde jähriger Zweige verschiedener Weidenarten ist, und wie sich dieselben verhalten, wenn man sie in eine dunkle wasserdampfhaltige Atmosphäre bringt. Hängt man solche Zweige in trockener Luft, aber ebenfalls im Dunkeln, auf, und bietet ihnen das nöthige Wasser durch eine der beiden Querschnittsflächen, so schwellen die Anlagen unter der Rinde ebenso an, wie wenn die Zweige sich in feuchter Luft befinden. Allein sie können jetzt nicht völlig auswachsen und heben nur die Rinde hügelartig empor, oder durchbrechen sie so weit, dass eben nur die mit der Haube bedeckte Spitze in die Luft ragt. Der letztere Fall tritt besonders in der Nähe der Basis ein. Die Zahl solcher Hügel nimmt von der Basis nach der Spitze hin in genau derselben Weise ab, wie es früher für die der auswachsenden Wurzeln angegeben wurde. Die erwähnte Eigenthümlichkeit macht nun solche Zweige, — ich verwendete dazu besonders die der schon mehr erwähnten S. viminalis, — zu werth-

vollen Objekten für das Studium des Lichteinflusses, und erst seitdem ich dieses Verfahren aufgefunden hatte, gelang es mir, ein vollkommen sicheres Resultat zu erhalten. Hängt man nämlich solche Zweige an einem Stativ im hellen Zimmer auf, doch so, dass sie nicht direkt vom Sonnenlicht getroffen werden, und bietet ihnen das nöthige Wasser durch die eine der beiden Querschnittsflächen, so lassen sich daran mit Leichtigkeit die einschlagenden Beobachtungen machen.

Zunächst gewahrt man, dass das Anschwellen der Wurzelanlagen zuerst stets an der Basis ringsum, über der letzteren aber in den meisten Fällen ausschliesslich auf der Schattenseite geschieht; dass das Entstehen der Hügel, wenn es auf der Vorderfläche eintritt, doch nie so hoch am Zweige hinaufreicht, wie auf der Schattenseite; und dass es auf beiden Seiten endlich in grösserer Entfernung von der Spitze aufhört, als es im Finstern der Fall ist.

Bringt man in der Mitte der Zweige oder über derselben Hüllen von schwarzem Papier an, jedoch derart, dass zwischen denselben und den Zweigen die Luft immer freien Durchfluss hat, so entstehen unter ihnen an den betreffenden Orten die Wurzelhügel, während an den beleuchteten Orten, auch nach der Basis hin, abgesehen von der letzteren selbst, keine derselben sichtbar werden. Die Ursache der Anschwellung der Wurzelanlagen unter den Hüllen ist in diesem Fall die schwache Beleuchtung, nicht etwa die höhere Temperatur. Denn es wurde experimentell dargethan, dass die Temperaturerhöhung unter der Hülle selbst während der stärksten Beleuchtung nur etwa 1° C. beträgt; und diese Differenz hat auf den sich hier abspielenden Wachsthumsvorgang keinen messbaren Einfluss.

Aus den sämmtlichen angeführten Thatsachen erhellt, dass der Einfluss des Lichtes im Wesentlichen derselbe ist, gleichviel ob Anlagen vorhanden sind, oder ob sie erst gebildet werden. Sind auf allen Seiten Anlagen vorhanden, so wachsen nur oder vorwiegend die der Schattenseite aus; finden sich keine Anlagen vor, so werden sie auf der Schattenseite erzeugt. Die vorhin besprochene innere Kraft und das Licht zeigen demnach in diesem Punkte eine bemerkenswerthe Analogie[1]).

Wir verlassen damit die Lichtwirkung und gehen zum Ein-

1) In Bezug auf die analoge Thätigkeit, welche das Licht bei anderen Wachsthumsprocessen ausübt, verweise ich auf Sachs, Lehrbuch der Botanik IV. Aufl. S. 723; Experimental-Physiologie S. 30; und Botanische Zeitung 1863, Beilage S. 1 ff.

fluss der Schwerkraft über. — Es wurde schon hervorgehoben, dass die Wachsthumserscheinungen am Weidenzweige der Hauptsache nach in derselben Art verlaufen, wenn derselbe aufrecht oder verkehrt hängt. Der Einfluss einer in der Richtung des Erdradius wirkenden Kraft, etwa der Schwerkraft, ist hier also nicht vorhanden; oder, wenn dies dennoch der Fall sein sollte, so schwach, dass er nicht deutlich sichtbar wird.

Wir wollen nunmehr den Versuch etwas ändern, und nehmen zu dem Ende etwa vier Monate alte, kräftige, möglichst senkrecht gewachsene Zweige von Salix grandifolia, zerschneiden sie in Stücke, die mit gleichmässig entwickelten Laubknopsen besetzt sind, und legen diese horizontal in einen finstern, mit Wasserdampf gleichmässig gesättigten Raum. In diesem werden sie entweder an zwei Fäden frei aufgehängt, oder in der Nähe der beiden Enden auf dünne Glasstäbe gelegt; in beiden Fällen aber so angebracht, dass sie sich etwa in der Mitte des ganzen Raumes befinden.

Das Resultat, das sich ergiebt, ist folgendes. Von Knospen wachsen erstens diejenigen aus, welche in der Nähe der Spitze, gleichviel ob auf der Ober- oder Unterseite stehen; ihnen folgen aber noch weitere, welche lediglich der Oberseite angehören, und sich auf mehr oder minder weite Strecke von der Spitze entfernen. — Das Gesammtresultat ist demnach offenbar die Resultirende zweier Kräfte, der inneren, deren Wirkung dahin geht, die Knospen an der Spitze auswachsen, und einer äusseren, die bestrebt ist, die Entwicklung der Knospen auf der Oberseite vor sich gehen zu lassen. — Ein analoger Process spielt sich an der Basis ab, allein er verläuft nicht immer so regelmässig, wie der an der Spitze. Auch hier treten zunächst Wurzeln rings um die Basis auf, sowohl auf der Ober-, wie auf der Unterseite. Während in manchen Fällen zwischen den Bildungen der beiden Seiten kein Unterschied zu beobachten ist, zeigt sich in anderen die Unterseite in unmittelbarer Nähe der Basis bevorzugt in Bezug auf Zahl und Länge der aus ihr hervorgehenden Wurzeln. In noch anderen Fällen endlich entstehen die Wurzeln an der Basis ringsum, und ausserdem auf der Unterseite von der Basis aus bis auf beträchtliche Entfernung von derselben. Dann haben wir an der Basis ein ähnliches, nur umgekehrtes Verhalten, wie an der Spitze: der Ort der auftretenden Wurzeln wird bestimmt durch zwei Kräfte, durch die bekannte innere, der zu Folge nur die Basis mit Wurzeln versehen wird, und

eine äussere, deren Wirkung auf Bevorzugung der Unterseite gerichtet ist. Der Effect ist auch hier die Resultirende aus beiden Kräften: die Wurzeln entstehen an der Basis und auf der Unterseite in der Nähe der Basis.

Um nun zu zeigen, dass wir es in der That hier mit einer Kraft zu thun haben, deren Wirkung in die Richtung des Erdradius fällt, wurde der von Sachs[1]) construirte Apparat zur langsamen Rotation angewandt. Derselbe besteht darin, dass durch ein Uhrwerk eine horizontale Axe in so langsame Drehung um ihre eigene Längsaxe versetzt wird, dass keine Centrifugal-Wirkung zu Stande kommt. (An dem von mir benutzten Apparat machte die Axe in etwa 25 Minuten eine Drehung.) Bringt man an einer solchen Axe wachsende Körper in beliebiger Lage an, so werden die Angriffspunkte einer Radialkraft, wie der Gravitation, an denselben in jedem Zeitmoment verändert. Bei jeder völligen Drehung der Axe bietet der Körper einmal seine sämmtlichen Längsseiten dem Einfluss der Radialkraft dar. Es kann daher keine einseitige Wirkung derselben zu Stande kommen, und das Object wächst so, wie wenn es ihrem Einfluss völlig entzogen wäre. — Auf die horizontale Axe wurden in meinem Falle zwei Korkscheiben geschoben, und daran unverrückbar befestigt. Zwischen diesen, und zwar in der Nähe der Peripherie, wurden Zweigstücke der zuletzt erwähnten Weidenart und von der besprochenen Beschaffenheit in horizontaler Lage angebracht, und dann das Uhrwerk in Bewegung gesetzt; und je nach Belieben, selbst wochenlang, erhalten. Die Einwirkung des Lichtes wurde durch Verdunkelung des Ganzen ausgeschlossen.

Es zeigt sich nun in der That, dass das Auswachsen der Organe lediglich unter dem Einfluss der innern Kraft geschieht, dass die Knospen an der Spitze ringsum, die Wurzeln in derselben Art an der Basis gebildet werden. Es ist demnach thatsächlich eine äussere, in die Richtung des Erdradius fallende Kraft, welche bei horizontaler Ruhelage der Zweige auf die Ober- und Unterseite derselben so einwirkt, dass auf jener Knospen auswachsen, auf dieser Wurzeln gebildet werden. — Dass diese Radialkraft keine andere, als die Schwerkraft sein kann, folgt aus dem angeführten Versuch noch nicht mit völliger Bestimmtheit. Es würde sich dies direct erwei-

1) Sachs. Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. In: Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. I. Bd. S. 389.

sen lassen, wenn man die horizontale Axe an unserm Apparat in so rasche Drehung versetzte, dass Centrifugal-Wirkung einträte. Wäre diese genügend, so müssten in Folge derselben auf der Aussenseite Knospen auswachsen, auf der Innenseite Wurzeln gebildet werden; und dieser Effect sich wieder mit der innern, erblichen Kraft zu einer Resultirenden verbinden. — Aus Mangel an einem passenden Apparat habe ich einen derartigen Versuch bis jetzt nicht anstellen können. Doch ist in Anbetracht der Analogie, welche die hier besprochenen Erscheinungen mit dem positiven und negativen Geotropismus wachsender Stengel- und Wurzeltheile darbieten, mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass auch die ersteren eine Folge der Schwerkraft darstellen.

Die Wirkung der Schwerkraft war demnach — wenn wir die genannte Annahme machen wollen — an unsern jungen Zweigen von zweierlei Art: sie bestimmte den Ort des Auswachsens vorhandener Anlagen, der Knospen, und dann den von echten Neubildungen, den Wurzeln. — Damit ist ein neuer Fall gefunden, in welchem eine äussere Kraft in auffallender Weise in den Prozess der Gestaltbildung am Organismus eingreift.

Nimmt man anstatt der jungen Zweige einjährige, welche mit möglichst gleichstarken Knospen besetzt sind, und legt dieselben horizontal, so ist der Effect in Bezug auf die Knospen im Allgemeinen derselbe; hinsichtlich der Wurzeln zeigen sich dagegen mannichfache Abweichungen. Zumal wenn man die Objecte nicht in feuchte Luft, sondern in feuchte Erde legt, scheint es häufig, als entziehe sich das Auswachsen der vorhandenen Wurzelanlagen der Schwerkraftwirkung vollständig [1]). Verfährt man aber hierbei statistisch und

1) Auf Grund derartiger Versuche hat Kny (Sitzungsbericht der Gesellschaft naturforsch. Freunde in Berlin vom 21. März 1876) gegen meine erste, und, wie ich wiederholt in derselben hervorgehoben, vorläufige Mittheilung über den physiologischen Gegensatz zwischen Spitze und Basis (Sitz.-Ber. der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. Allgemeine Sitzung vom 5. Januar 1876) Einspruch erhoben. Kny hatte sich die specielle Frage nach dem Einfluss der Schwerkraft auf Neubildungen an Pflanzentheilen gestellt, und suchte diese Frage in folgender Art zu lösen. Vertical gewachsene Zweige von verschiedenen holzigen Pflanzen wurden ihrer sämmtlichen Knospen beraubt, und dann horizontal so tief in feuchten Sand gelegt, dass, wie angenommen wird, jeder Lichteinfluss ausgeschlossen war. Um die Oberseiten der Zweige zu bezeichnen, wurden Einschnitte auf denselben

macht das Experiment mit Hunderten von Zweigen, wie ich es gethan, so wird man finden, dass auch dann die Mehrzahl derselben auf der Unterseite die meisten Wurzeln führen.

Um aber die Wirkung der Schwerkraft auf die Ausbildung der Wurzelanlagen direct nachzuweisen, wandte ich dasselbe Verfahren an, dessen oben bei Besprechung des Lichteinflusses erwähnt wurde. Es wurden die Zweige mit der basalen Schnittfläche in mit seitlicher Oeffnung versehene Gläser so gesteckt, dass sie horizontal abstanden; dann die Gläser mit Wasser angefüllt und das Ganze in einen dunkeln Raum gebracht. — Es fand sich nun, dass zunächst die Wurzelanlagen der Unterseite anschwollen, und dass ihnen erst später, und meist auch in geringerer Zahl die der Oberseite folgten. So lässt sich auch hier der Einfluss der Schwerkraft direct beobachten. Auf die Einzelheiten bei diesem Verfahren ist hier jedoch nicht näher einzugehen.

Dass an vertikal aufrecht oder verkehrt hängenden Weidenzweigen der Einfluss der Schwerkraft neben dem der inneren Kraft

---

gemacht. Es stellte sich nun heraus, dass Wurzeln bald an der Basis allein, bald an dieser und in der Mitte, bald lediglich in dieser, und endlich auch an der Spitze erschienen. Aehnlich gestaltete sich das Verhältniss hinsichtlich der Bildung von Adventiv-Knospen. — Auf Grund dieser Beobachtungen und der der Angabe nach gelungenen Umkehr-Versuche Duhamel's wird nun der Einwurf gegen die Richtigkeit meiner Anschauungen gemacht.

Hinsichtlich der Umkehr-Versuche verweise ich auf das Wenige, was im Text darüber gesagt ist. Zu den Kny'schen Versuchen bemerke ich Folgendes. Durch jeden Einschnitt auf der Oberseite wird local eine Spitze und Basis erzeugt; und diese können, wie ich später zeigen werde, von sehr erheblichem Einfluss auf das Resultat des Versuches werden. Ferner hat mich eine schon vor Veröffentlichung der Kny'schen Mittheilung zu dem Zweck angestellte, und später wiederholt bestätigte Untersuchung gelehrt, dass Neubildungen, d. h. hier Sprosse und Wurzeln, in manchen Fällen mit grosser Leichtigkeit in dem Callus entstehen, der sich an allen tiefer gehenden Verwundungen bildet. Es kann dies in dem Maasse eintreten, dass die ausserdem auf den Ort der Neubildungen wirksamen Kräfte gar nicht oder kaum zur Geltung gelangen. — Dieser Fall scheint an den meisten der von Kny zum Versuche verwendeten Zweige, die in Folge des Ausbrechens der Knospen mit mehr oder minder zahlreichen Wunden versehen waren, eingetreten zu sein. Dass auf solche Beobachtungen kein Einwurf gegen meine Angaben zu begründen ist, braucht kaum erwähnt zu werden. Anstatt von den einfachsten Fällen auszugehen, begann Kny mit den complicirtesten.

Die weiteren Kny'schen Ausstände erledigen sich von selbst.

in der Regel nicht mit ohne Weiteres sichtbarer Deutlichkeit in die Erscheinung tritt, wurde wiederholt erwähnt. Von der begründeten Vermuthung ausgehend, dass es Organismen geben müsse, die auch bei Anwendung dieses Verfahrens ein positives Resultat liefern, machte ich mancherlei Probe-Experimente, bis ich endlich in dem schon früher erwähnten Heterocentron diversifolium ein günstiges Object fand.

Die jungen Theile dieser Pflanzen führen, so weit ich gesehen, keinerlei Wurzelanlagen; dagegen bilden sich dieselben häufig an älteren Knoten, wo sie in Form kleiner Höcker für immer ruhen bleiben, wenn sie nicht in ein feuchtes Medium gelangen. — Nimmt man nun junge wurzellose Zweigspitzen, und hängt dieselben aufrecht im Glashafen auf, so bildet sich fast ausnahmslos über der basalen Schnittfläche, und nur hier, ein Kranz von Wurzeln. Hängt man die Zweigstücke dagegen verkehrt, so entstehen zunächst wieder Wurzeln an der Basis, allein ausserdem in vielen, nicht in allen, Fällen auch entfernt von der Basis auf der ganzen Länge der Stücke, selbst bis in die Nähe der Spitze. Und zwar bilden sie sich hier nicht etwa bloss an den Knoten, sondern auch an ganz beliebigen Punkten im Internodium. — Dieselben Erscheinungen wurden auch an jungen Trieben anderer Pflanzen beobachtet. — Aus dem Angeführten folgt aber mit zwingender Nothwendigkeit, dass auch auf die Organbildung am vertical aufrecht hangenden Zweige die Schwerkraft derart einwirkt, dass sie die Wurzelbildung an der Basis, die Sprossbildung an der Spitze befördert; dass sich ihr Einfluss zu dem der bekannten inneren Kraft addirt. Auf die weiteren Folgerungen, welche sich hieran knüpfen, ist hier aber nicht näher einzugehen.

Wir haben demnach den Einfluss von zwei äusseren Kräften, des Lichtes und der Schwere, auf den Prozess der Gestaltbildung insofern direct nachgewiesen, als dieselben auf den Ort von Neubildungen und auswachsenden Organen bestimmend einwirken. Welcher Art aber der Einfluss dieser Kräfte ist, welches verwickelte Kräftespiel durch dieselben im Innern der Organismen ausgelöst wird, um den besprochenen Effect hervorzubringen, diese Frage ist zur Zeit nicht zu beantworten.

Verändert man die besprochenen Versuche dahin, dass man statt der gleichförmigen umgebenden Medien ungleichförmige bietet, so gelangt man unter anderen auch zu den bekannten Umkehr-Versuchen, die besonders in der älteren botanischen Literatur häufig besprochen worden sind. Ich habe mich bemüht, alle Angaben darüber

soweit als möglich zusammenzustellen, und werde das Ergebniss demnächst mittheilen. Hier sei nur einiger eigenen Versuche gedacht.

Setzt man Zweigstücke gewisser Pflanzen, z. B. mancher Cacteen, verkehrt in eine mit Erde gefüllte Schale, so dass nur die Spitze bedeckt ist, und der übrige Theil frei emporragt, bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke und setzt es dem Tageslicht aus, so bilden sich Wurzeln allein an der basalen Schnittfläche. Es entstehen dieselben dort trotz der hemmenden Wirkung des Lichtes und der Schwerkraft; sie wachsen ziemlich rasch empor, und krümmen sich dann negativ heliotropisch vom Licht weg. An der Spitze in der Erde bilden sich keine Wurzeln; und wenn die Zweige in der Folge nicht umgekehrt werden, so gehen sie zu Grunde, und zwar nach meinen Versuchen regelmässig. Gewöhnlich geht das in Erde befindliche Apical-Stück rasch in Fäulniss über, während das in die Luft ragende Ende gesund bleibt, und beim Einsetzen in aufrechter Richtung normal weiter wächst. Es ist selbstverständlich, dass, wenn man Zweige dieser Pflanzen normal aufrecht und mit der Basis in Erde setzt, sie an der Basis Wurzeln, an der Spitze Triebe bilden. Versuche mit anderen krautigen Pflanzen geben ein noch überraschenderes Resultat. Indem wir jedoch auf die Besprechung derselben verzichten, wenden wir uns zu den Experimenten mit holzigen Pflanzen, speciell den Weiden.

Pflanzt man kräftige, 1—2jährige Weidenzweige verkehrt mit der Spitze in eine mit Erde gefüllte Schale, und bedeckt sie wieder mit einer Glasglocke, so beobachtet man, dass auch in diesem Falle an der Basis der Zweige trotz des Lichtwiderstandes Wurzeln auswachsen, und selbst eine beträchtliche Länge erreichen. Ausserdem gewahrt man auf der Schattenseite der Zweige eine Anzahl der bekannten Wurzelanschwellungen unter der Rinde, die es aber nicht zum völligen Auswachsen bringen. Zumal bei Zweigen derjenigen Arten, welche, wie wir früher gesehen, geneigt sind, bis nach der Spitze der Stücke hin Wurzeln, wenn auch kürzere, zu bilden, entstehen nun auch an der Spitze in der Erde Wurzeln, welche unter den günstigen äusseren Bedingungen auswachsen, und offenbar die Wasserzufuhr zum Zweige auf sich nehmen. Charakteristisch für diese Wurzeln ist, dass sie stets erheblich schwächer sind, als diejenigen, welche sich an der Basis normal eingesetzter Zweige bilden; ferner, dass die längsten von ihnen nahe unter der Oberfläche der Erde stehen, und dass die folgenden um so kürzer werden, je näher

ihr Ort der Spitze liegt, während an den aufrechten Zweigen bei gleich tiefer Erdschicht das umgekehrte Verhalten eintritt. In Bezug auf das Auswachsen der Knospen sei bemerkt, dass wenn die letzteren gleiche Dignität haben, besonders wenn sie sämmtlich primär sind, dasselbe gewöhnlich in der Luft nicht weit von der Spitze und an dieser in der Erde geschieht; doch können sich auch solche entwickeln, welche der Basis näher stehen, und dies findet in um so höherem Maasse statt, je gemischter Knospen von verschiedener Dignität an den Zweigen stehen.

Bedeckt man die Zweige nach dem Einsetzen nicht mit einer Glasglocke, so gehen sie oft sehr rasch zu Grunde; in andern Fällen bilden sie an der Basis die bekannten Wurzelanschwellungen, die aber die Rinde nicht oder höchstens eben durchbrechen, dann aber im Wachsthum still stehen.

In keinem Falle ist es mir gelungen, solche umgekehrt eingesetzte Weidenzweige länger als einen Sommer am Leben zu erhalten. Wie in den Knight'schen Versuchen, so gingen sie auch in den meinigen stets zu Grunde.

Dagegen habe ich es erreicht, umgekehrt eingesetzte Lycium-Zweige zwei Jahre vegetiren zu sehen; dann ging der über der Erde befindliche Theil ebenfalls zu Grunde. Ob es möglich ist, solche Objecte noch länger zu erhalten, und den durch ihre Wachsthumsrichtung bedingten Gegensatz zwischen Spitze und Basis im Laufe der Zeit vollständig aufzuheben, — was dann der Hauptsache nach jedenfalls auf eine Wirkung der Schwerkraft zurückzuführen wäre: — diese Frage zu entscheiden, fehlt mir das beweisende Material. Nach manchen älteren Angaben, zumal den sonst zuverlässigen von Duhamel du Monceau wäre sie vielleicht im bejahenden Sinne zu beantworten. Allein Duhamel widerspricht sich selbst an verschiedenen Orten, und auf die meisten sonstigen Angaben ist wenig Werth zu legen. Andere lauten entschieden negativ. Die Frage steht demnach noch offen, und es wäre recht wohl möglich, dass gerade bei gelingender Umkehr der mehrbesprochene Gegensatz erst in recht auffallender Weise zu Tage träte.

Wir verlassen damit die Reproductions-Erscheinungen am isolirten, von dem mütterlichen Organismus getrennten Pflanzentheil, und gehen nunmehr zur Betrachtung der ganzen Pflanze, eines Organ-Systems, über. Es stellt sich heraus, dass die im vorstehenden näher besprochenen Kräfte auch auf das System den gleichen Effect

ausüben, wie auf einen isolirten Theil desselben; dass aber wegen der Mannigfaltigkeit der Bildungen an jenem die dort auftretenden Erscheinungen ungleich complicirter werden, wie an einem möglichst einfach gebauten einzelnen Theile. Es ist daher auch ein blosses Referat über diesen Gegenstand ohne ausführliche allgemeine Erörterung nicht wohl möglich; und da diese hier nicht gegeben werden kann, so müssen wir auf die Darstellung der Hauptsache verzichten. Doch sei es versucht, einige Punkte herauszugreifen.

Das Aufwärtswachsen der Pflanzen, besonders der Bäume, beruht auf zwei Kräften, der Schwerkraft, die, wie seit Knight's Versuchen bekannt, wachsenden Stengeltheilen die Richtung nach oben, wachsenden Wurzeltheilen die nach unten ertheilt; und der oben besprochenen erblichen, inneren Kraft. Die letztere wirkt, und zwar, wie wir gesehen, im Bunde mit der Schwerkraft dahin, im Frühling die Apical-Knospen der Zweige auswachsen zu lassen, und sie in der Folge im Wachsthum zu begünstigen. Geschähe dies nicht, und wüchsen z. B. bloss die Basal-Augen der Zweige aus, so würden alle Bäume buschartigen Habitus erhalten, und sich trotz des vorhandenen negativen Geotropismus nur wenig von der Erde erheben.

Auf den angeführten Gründen beruht zum Theil das buschartige Wachsthum mancher einheimischen Sträucher. Aus was für Ursachen diese scheinbaren Ausnahmen von der allgemeinen Regel folgen, werde ich später erörtern.

Das Abwärtswachsen der Wurzel beruht in analoger Weise auf der Wirkung des positiven Geotropismus, und der betreffenden Componente der inneren Kraft.

Biegt man im Freien vertical gewachsene Zweige zahlreicher Pflanzen horizontal oder geneigt, und befestigt sie in dieser Lage, so wachsen die Knospen der Oberseite aus, und zwar gewöhnlich derart, dass der Ort des Auswachsens bestimmt wird durch die combinirte Wirkung der Spitze und der Schwerkraft. Dass es diese beiden Kräfte sind, welche die fraglichen Erscheinungen veranlassen, folgt aus den früher angeführten Experimenten mit isolirten Zweigen. — Ebenso wie in Bezug auf das anfängliche Auswachsen die Knospen der Oberseite begünstigt sind, erfahren dieselben später auch den stärkeren Nahrungszufluss; und es rührt daher die übrigens schon seit lange bekannte Thatsache, dass die durch ihre eigene Last oder irgend welche Umstände in horizontale Lage gelangten Zweige und Aeste solcher Bäume die stärksten seitlichen Bildungen auf ihrer

Oberseite führen. Aus der Rinde solcher horizontalen Aeste brechen häufig auch im höheren Alter noch mehr oder minder zahlreiche Sprosse hervor, die zum Theil vielleicht adventive Bildungen darstellen, zum Theil aber sicher aus normal exogen angelegten, aber verborgenen Knospen [1]) hervorgehen.

Biegt man vertical gewachsene Zweige derart, dass sie einen weiten, nach unten geöffneten Bogen beschreiben, dass der basale Theil vertical aufwärts, der apicale vertical abwärts gerichtet ist, so wachsen gewöhnlich zunächst die Knospen der Spitze, die des basalen Theiles vor der Krümmung, sowie die der Oberseite der letzteren aus. Bei einzelnen Pflanzen kann auch das weitere Wachsthum dieser Knospen auf längere Zeit in gleich starker Weise stattfinden, allein in der Regel ist dies nicht der Fall. Es erfahren vielmehr gewöhnlich die an dem basalen Theile vor der Krümmung befindlichen Sprosse den stärksten Nahrungszufluss, und häufig bildet dann der den höchsten Punkt einnehmende kräftigste von ihnen mit dem mütterlichen Theile eine fast gerade, vertical nach oben gerichtete Linie. — In andern Fällen entwickeln sich die auf dem höchsten Punkte der Krümmung gelegenen Knospen am stärksten; doch ist das erstgenannte Vorkommen als das normale zu betrachten.

Die Ursachen dieser Erscheinungen beruhen in Folgendem. An dem vertical nach oben gerichteten basalen Theile des Zweiges wirken die nach der Spitze gerichtete Componente der inneren Kraft und die Schwerkraft in gleichem Sinne; ihre Wirkungen addiren sich daher und werden am stärksten an den höchst gestellten Knospen; daher deren rasches Auswachsen und spätere kräftige Entwicklung. — An dem abwärts gerichteten apicalen Theile des Zweiges sind die Wirkungen der Schwerkraft und der erwähnten Componente der inneren Kraft einander entgegengesetzt; der Effect beruht daher auf der Differenz beider. Da nun die innere Kraft gewöhnlich beträchtlich stärker wirkt, als die Schwerkraft, so entwickeln sich die Knospen der Spitze zuerst, während in Folge der Thätigkeit der letzteren Kraft häufig auch höher gelegene Knospen an dem abwärts gerichteten Theile auswachsen. — An dem gekrümmten Stück des Zweiges summiren sich die den jeweiligen Krümmungen entsprechenden Componenten der Schwerkraft und die innere Kraft von dem vertical aufrechten Theile des Zweiges aus bis zum höchsten Punkte der Krümmung, um sich von da aus zu

1) Hartig, Lehrbuch für Förster. Stuttgart 1861. Bd. I, S. 179.

subtrahiren. Dem entsprechen im Allgemeinen die an der Krümmung auftretenden Erscheinungen. — Zu dem beschriebenen Kräftespiel kommt nun noch ein anderer Factor, der in der rein mechanischen Veränderung beruht, welche die Krümmung in den Geweben der davon betroffenen Partie des Zweiges hervorruft. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird die Wirkung derselben auf die Bewegung der Säfte zunächst eine störende sein, und damit lediglich den vor der Krümmung stehenden Knospen zu Gute kommen. Später dagegen treten andere Verhältnisse ein, auf deren Besprechung wir hier aber verzichten müssen. Dasselbe gilt von dem Einfluss, den, wie höchst wahrscheinlich, das Licht ausübt.

Betrachten wir nun den gekrümmten Zweig noch etwas weiter. In den meisten Fällen findet man, dass der nach unten gerichtete apicale Theil des Zweiges — je nach den Pflanzen noch im Laufe desselben oder erst in dem folgenden Jahre — Blüthen und Früchte erzeugt, während der Theil vor oder bis zur Mitte der Krümmung die Laubtriebe bildet. — Der Anlage und meist auch den ersten Wachsthumsstadien nach sind alle Knospen gleich. Der uns hier interessirende hauptsächlichste Unterschied zwischen einem Blüthen- und Laubspross besteht darin, dass der erstere sein Längenwachsthum rasch einstellt, der letztere dagegen mehr oder minder lange Zeit fortsetzt. Mit dem unter einem gewissen niedrigen Maass bleibenden Längenwachsthum der Axe steht Blüthen-, oder — das sei gleich hinzugefügt — Dorn-Bildung in causalem Zusammenhang. In den meisten Fällen nehmen daher die Blüthensprosse Plätze ein, an welchen die Wirkung der Schwerkraft und der Apical-Componente der inneren Kraft nur gering sind; die Laubtriebe stehen dagegen da, wo die genannten Kräfte am energischsten eingreifen. — Da wir nun den Ort der combinirten stärkeren und ebenso den der schwächeren Wirkung jener Kräfte bestimmen können, so hängt es, besonders in einzelnen Pflanzenfamilien, ganz von unserer Gewalt ab, bestimmte noch indifferente Knospen zu längeren oder kürzeren Laubtrieben, Blüthen oder Dornen auswachsen zu lassen. — Die Zellgruppe, welche eine junge Knospenanlage darstellt, ist völlig indifferent; erst der Ort an der Lebenseinheit bestimmt das morphologische Gebilde, zu dem sie sich entwickeln soll. Diesen Ort zu verändern, haben wir aber völlig in unserer Gewalt; und zwar können wir dies erreichen durch Schneiden, Krümmen, Horizontal-Binden, u. dgl. Derartige Manipulationen finden in der praktischen Pflanzenkultur vielfache Anwendung.

Das bogenförmige Herabbiegen von Zweigen findet z. B. eine weit ausgedehnte Anwendung in der Weincultur. Der eigentliche Weinstock erhält nur eine geringe Höhe; an seiner Spitze lässt man alljährlich nur wenige vorjährige Reben stehen, die, im Bogen abwärts gekrümmt, mit der Spitze nahe am Fuss des Stockes befestigt werden. Es sind dies die sogenannten Bogreben. Entsprechend unsern oben entwickelten Anschauungen bilden dieselben in ihrem abwärts gerichteten Theile nur kürzere Triebe, die aber in hohem Grade fruchtbar werden. Aus den Knospen ihrer Basis dagegen und aus der Spitze des alten Stockes gehen mächtig wachsende Lohden hervor, deren Fruchtbarkeit relativ beträchtlich geringer ist, als die der kurzen Triebe an der Spitze. Im nächsten Frühjahr werden nun sämmtliche alte Bogreben fortgeschnitten, und der Ersatz für dieselben aus den kräftigen vorjährigen Trieben ihrer Basis und der Spitze des alten Stockes genommen. Auf diese Weise behält der Stock stets die gleiche Höhe. Bände man die Reben anstatt bogenförmig abwärts senkrecht aufwärts, so würden die apicalen Knospen sich zu den stärksten Trieben ausbilden, während die der Mitte und der Basis kürzer blieben und fruchtbarer würden, und ein Theil der basalen Knospen wahrscheinlich gar nicht auswüchse. Im nächsten Jahre hätte man dann die stärksten und besten Reben in der Höhe, und im dritten Jahre würden die dann folgenden noch beträchtlich höher stehen. Eine derartige Culturmethode würde aber die Fruchtbarkeit der Weinstöcke erheblich beeinträchtigen, und auch noch weitere Mängel mit sich führen. Um diese Nachtheile zu vermeiden, zieht man die Stöcke in der eben erwähnten Art.

In ähnlicher Weise hat sich in der Obstbaumzucht in einem Zeitraum von Jahrhunderten und durch die Bemühungen von theilweise ausgezeichneten Naturbeobachtern eine Summe von Erfahrungssätzen herausgebildet, die ein wahrhaft grossartiges experimentelles Material für die oben dargelegten theoretischen Anschauungen bilden. Umgekehrt sind die letzteren im Stande, einen wesentlichen Theil der für jene Sätze noch völlig fehlenden Theorie zu liefern.

In Bezug auf alle diese Gegenstände, sowie auf die umfassende Literatur, welche dieselben aufweisen, verweise ich nochmals auf meine ausführliche Arbeit.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Untersuchungen über die Entwicklung des Muskelstroms.

Von

L. Hermann.

(Hierzu Tafel II. Fig. 1—11.)

I. Vorbemerkung.

Die Entscheidung zwischen den beiden mit einander kämpfenden Anschauungen über das Wesen des ruhenden Muskelstroms, – ob derselbe Wirkung präexistirender im Muskel vertheilter electromotorischer Theilchen, oder nur Wirkung der Vorgänge am künstlichen Querschnitt sei — ist bisher fast ausschliesslich auf dem Wege gesucht worden, dass man nachsah, ob völlig unversehrte Muskeln den Muskelstrom besitzen.

Vor $2^1/_2$ Jahren fasste ich den Entschluss, die Frage von einer andern Seite her anzugreifen, nämlich zu untersuchen, ob der bei Anlegung eines künstlichen Querschnitts auftretende Strom zu seiner Entwicklung Zeit brauche oder nicht. Die Präexistenzlehre verlangt schlechterdings, dass nach Anlegung des Querschnitts der Strom augenblicklich in voller Stärke vorhanden sei. Die Alterationstheorie dagegen verhält sich der Frage gegenüber neutral, denn die Processe, welche am künstlichen Querschnitt auftreten, können vor der Hand jede denkbare Geschwindigkeit haben; sie können eine Latenzzeit besitzen und sich am Schluss derselben mit einer gewissen Geschwindigkeit entwickeln, sie können das letztere ohne Latenzzeit thun, ja die Entwicklung selber kann auf eine unmessbar kleine Zeit zusammengedrängt sein. In dem von Bernstein gefundenen Mangel der Latenzzeit bei der Erregungsschwankung liegt sicherlich kein Beweis, dass nicht die Schwankung Folge des Reizes ist, und ebensowenig würde ein solcher gegeben sein, wenn die Schwankung schon im Momente der Reizung ihre volle Stärke hätte. Die Entscheidung ist also so gestellt: ist der Muskelstrom im Momente

der Anlegung des Querschnitts in voller Stärke vorhanden, so bringt der Versuch keine Entscheidung zwischen beiden Theorien; ist das nicht der Fall, so kann die Präexistenzlehre nicht richtig sein.

Die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, hatte den Anschein hoffnungsloser Schwierigkeit. Es galt nichts geringeres als den Muskel schon im Augenblicke der Verletzung mit höchst empfindlichen Vorrichtungen zu untersuchen und dabei die zahllosen Fehlerquellen der Ungleichartigkeit der Electroden, ungleichzeitigen Berührung, Verschiebung der Berührungsstellen u. dgl. zu vermeiden. Die nachzuweisende Entwicklungszeit war nach meiner Theorie im günstigsten Falle von gleicher Ordnung, wie die der negativen Schwankung, also eine äusserst kurze[1]; der Versuch du Bois-Reymond's, nach welchem der Strom beim Anlegen des soeben verletzten Muskels an die Bäusche bereits vollständig entwickelt ist[2], konnte natürlich für unsre Frage nichts entscheiden, da dort zwischen Anlegung des Querschnitts und Ableitung mindestens Secunden verstrichen.

Im Folgenden lege ich nun die Resultate meiner Arbeit den Fachgenossen vor.

II. Versuchsplan.

Es leuchtet sofort ein, dass für unser Vorhaben von den verschiedenen Arten der Anlegung des künstlichen Querschnitts nur die mechanische in Frage kommen kann, da alle anderen auf einer Zerstörung von Muskelsubstanz beruhen, welche Zeit braucht.

Mein erster Gedanke war, einem parallelfasrigen Muskel mit einem schneidenden Instrumente einen Querschnitt anzulegen und das schneidende Instrument selber als die eine Electrode des Galvanometerkreises zu benutzen; die andre, sonst gleichartige Electrode sollte, um Ströme aus ungleichzeitiger Berührung zu vermeiden, gleichzeitig mit der ersten in einen mit dem Längsschnitt

---

1) Ganz unverständlich ist es mir gewesen, warum du Bois-Reymond in einer vorläufigen Kritik meiner vorläufigen Mittheilung meint, ich hätte meiner Theorie nach eine viel grössere Entwicklungszeit als die wirklich gefundene erwarten müssen. (Vgl. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 373. Anm.)

2) Untersuchungen über thier. Electr. II. 2. p. 36, 73 etc.

des Muskels verbundenen indifferenten feuchten Leiter sich einsenken. Sehr kurze Zeit nach dem Einsenken der Electroden sollte der Galvanometerkreis sich öffnen, und dann in jedem folgenden Versuch diese Zeit so lange verkürzt werden, bis keine Ablenkung mehr erfolgte. Ob dieses Ausbleiben der Ablenkung von dem Mangel eines Stromes oder von zu kurzer Schliessungszeit des Muskelstroms herrührte, sollte dann durch einen weiteren Versuch entschieden werden, in welchem der schon entwickelte Muskelstrom eine gleich kurze Zeit auf die Boussole wirkte; es sollte nämlich jetzt an den Querschnitt ebenfalls ein indifferenter Leiter angelegt werden und nun die beiden Messer sich unter sonst gleichen Bedingungen wie vorher in die beiden indifferenten Leiter (starres Muskelfleisch) einsenken. Ein einfacher, diese Bedingungen erfüllender Apparat wurde nun behufs vorläufiger Versuche construirt. Aber das Verfahren erwies sich als unbrauchbar, weil die beiden Messer, wie ich gleich anfangs befürchtete, trotz starker Vergoldung viel zu ungleichartig sich verhielten. Ich unterlasse es daher diese Vorrichtung zu beschreiben.

Der Versuch erfordert offenbar zwei vollkommen gleichartige unpolarisirbare Electroden. Diese Eigenschaft lässt sich aber schlechterdings nicht mit der zweiten erforderlichen vereinigen, dass nämlich wenigstens die eine der Electroden zum Anlegen des Schnittes geeignet sei.

Der Versuchsplan musste also so abgeändert werden, dass die Anlegung des Querschnitts mit der Ableitung zur Boussole nichts zu thun hat, so dass letztere mit den gewöhnlichen, gleichartigen Electroden stattfinden kann. Dazu aber bietet der Gastrocnemius ein vortreffliches Object. Man kann von seinen beiden Sehnen ableiten und ihm dann durch Abstreifen des Sehnenspiegels einen kräftigen aufsteigenden Strom entwickeln, der noch den grossen Vortheil bietet, als Neigungsstrom kräftiger zu sein, als der einfache Strom eines quer durchschnittenen Muskels. Die Versuchsbedingungen sind erfüllt, wenn die Ableitung von beiden Sehnen durch unverrückbare normale Boussolelectroden erfolgt, der unregelmässige nach der Präparation vorhandene Strom genau compensirt ist, und die Oeffnung des Boussolkreises eine variirbare, aber jedesmal genau bekannte Zeit t nach der mechanischen Abstreifung des Achillesspiegels geschieht. Im zugehörigen Parallelversuch, in welchem die Wirkung des schon entwickelten Stromes auf die Boussole während

der kurzen Zeit t geprüft wird, muss an Stelle der mechanischen Läsion Schliessung des Boussolkreises treten. (Ich werde im Folgenden immer den erstgenannten Versuch mit A, den unmittelbar folgenden zweiten, der sich übrigens beliebig oft wiederholen lässt, während A nur einmal an jedem Muskel angestellt werden kann, mit B bezeichnen; vgl. übrigens auch p. 164 f.).

Diese Bedingungen sind durch die nun zu beschreibenden Vorrichtungen erfüllt.

III. Das Fall-Rheotom (vgl. Fig. 1—5).

Die schwere eiserne Grundplatte G trägt zwei verticale eiserne Säulen AA und BB, von kreuzförmigem Querschnitt; dieselben sind 1,5 m. hoch und stehen im Lichten 52 mm. von einander ab; oben sind sie durch die Schlussplatte D hindurchgesteckt. Die beiden einander zugekehrten Rippen der Säulen sind convex abgerundet und genau geglättet; sie werden von den stählernen Läufern L des Fallkörpers F umgriffen. Der letztere bildet ein messingenes Parallelepiped von 36 mm. Seiten und (incl. stählerne Grundplatte) 83 mm. Höhe. Vier stählerne Läufer L mit concaven Laufflächen leiten seinen Fall zwischen den Säulen AA und BB. Das Gewicht des Fallkörpers ist 974 grm. Die untere Hälfte des Parallelepipeds besteht aus zwei Stücken, von denen (vgl. Fig. 4 und 5) das eine F′ in dem andern parallel mit sich selbst (in den Führungsstangen c c gehend) durch die Micrometerschraube a, in deren Zapfen b der Schlüssel Y passt, verschoben werden kann. Die Stirnfläche des verstellbaren Stücks besitzt eine einfache Vorrichtung zum Befestigen eines Stückes Fischhaut, welches dem Muskelträger eine leistenförmig vorstehende Kante zuwendet.

In die obere Fläche des Fallkörpers ist das verticale Hakenstück Q eingeschraubt, das beim Hinaufschieben des Fallkörpers in ein federndes Hakenstück Q′ der Schlussplatte D eingreift. Mittels der über die beiden Röllchen R und R′ laufenden Schnur S kann das letztere Hakenstück zurückgezogen und so der Fall ausgelöst werden.

Unten angelangt, fällt der Fallkörper mit grosser Gewalt auf die sehr starke Spiralfeder J auf, welche oben mit einem übergreifenden Einsatz von Kautschuk K versehen ist. Beim Auffallen drängt der Fallklotz mit seiner unteren stählernen Platte n die ab-

geschrägten stählernen, in stählernen Schlitten laufenden Bolzen N und N', gegen welche die starken Federn P und P' wirken, zurück, und wird von diesen Bolzen, die sofort über der Stahlplatte n einschnappen, unfehlbar gefangen[1]). Mittels der beiden zweiarmigen Hebel H und H', deren verbreiterte Endstücke α und α' mit Daumen und Zeigefinger gegen einander gedrückt werden, kann man die Bolzen N und N' wieder zurückdrücken, und so den festgehaltenen Fallkörper wieder lösen.

Der eine, feste, mit angegossene Fuss C der Grundplatte G ist gerade unter der Falllinie angebracht, so dass er den ganzen Stoss allein auszuhalten hat. Die beiden andern Füsse werden von den messingenen Stellschrauben E und E' gebildet.

Die Säule BB (wenn der Experimentator die Stellfüsse und die Stirnfläche des Fallkörpers, wie in Fig. 4, zur Rechten hat, ist es die hintere) wird von einem messingenen verschiebbaren Zügel Z umgriffen, und hat zu diesem Behufe gehobelte Flächen; der Zügel kann in jeder Stellung mittels der Pressschraube T, die gegen eine Schutzplatte yy wirkt, festgestellt werden. Seine Stellung ist mittels des Zeigers j an einer Millimeterscala ablesbar, die an der linken Rippe der hinteren Säule BB angebracht ist (in Fig. 2 sichtbar). Der Schieber trägt links den Schliesscontact X und rechts das horizontale kurze Geleise UU, auf welches der Muskelträger passt (s. unten). Der Schliesscontact X besteht aus einem eigenthümlich geformten Kammmassestück (s. Fig. 2), das einen messingenen zweiarmigen Hebel e f trägt (derselbe ist auf die Fläche gebogen, wie man in Fig. 1 und 4 erkennen kann). Das eine Ende f desselben schleift federnd auf dem halbkreisförmigen Stück fg, dessen untere Hälfte aus Kammmasse, dessen obere aus Messing besteht. Das andere Ende e des Hebels e f ragt bei horizontaler Stellung in die Fallbahn hinein und wird vom Fallkörper erfasst; hierdurch wird das federnde Ende f von Kammmasse auf Messing vorgerieben, und so der Contact geschlossen. Das vom Fallkörper erfasste Ende e ist zur Vermeidung metallischen Contacts mit einer harten isolirenden Kappe versehen.

Die vordere Säule AA trägt an ihrer linken Fläche ganz unten den Oeffnungscontact O. Die Ebonitplatte m trägt die verticale ver-

---

1) Die Herstellung einer unfehlbaren Einfangung kostete viel Mühe und Abänderung. Vor Allem müssen die Federn P und P' sehr kräftig sein.

schraubbare Platinspitze l, gegen welche eine auf den einarmigen Hebel i h aufgelöthete Platinplatte anliegt. Die gegen den Daumen i wirkende Feder k bewirkt, dass der Hebel, wenn er mittels des Fadens h' hinaufgezogen ist, gegen die Platinspitze gedrückt wird. Das in die Fallbahn hineinragende Hebelende, durch eine Karneolkappe vor metallischem Contact mit dem Fallkörper geschützt, wird von diesem erfasst und hinabgeworfen, indem der Daumen den Maximumpunkt der Feder überschreitet; durch die Lösung der Platinplatte von der Spitze wird der Contact geöffnet.

Der Fallkörper schliesst also während seines Falles den Contact X und öffnet nachher den Contact O, vermag also einen Kreis für eine genau bestimmte Zeit zu schliessen. Selbstverständlich ist, dass die Oeffnung so liegt, dass sie vor dem Auffall des Fallklotzes auf die Hemmvorrichtung, d. h. während des freien Falls geschieht. Während der Oeffnungsmoment unveränderlich ist, wird der Schliessungsmoment mit der Schieberstellung verändert. Welche Ruhestellung man dem Hebel des Schliesscontacts gegeben hat, ist wie man leicht einsieht für den Schliessmoment gleichgültig; letzterer hängt nur von der Zügelstellung ab. Ich stelle ihn so, dass das federnde Ende etwa 2 mm. vom Messing entfernt ist. Stellt man den Hebel vertical (wie er in Fig. 4 gezeichnet ist), so ist permanenter Schluss vorhanden, und der Hebel wird vom Fallklotz nicht erfasst.

IV. Der Muskelträger, die Muskelpräparation und die Electroden.

Der Muskelträger hat die Aufgabe, den Gastrocnemius, an beiden Hauptsehnen unverrückbar mit unpolarisirbaren Electroden verbunden, mit seiner Achillessehnen-Aponeurose der Stirnfläche des Fallklotzes so darzubieten, dass jene sicher und genau abgestreift wird.

Die Präparation des Gastrocnemius [1]) geschieht folgendermassen. Nach Enthäutung der Schenkel, bei und nach welcher jede Berührung des Gastrocnemius mit Hautsecret, Tellerfläche etc. aufs sorgfältigste zu vermeiden ist, wird der Fuss in einen Schellbach'schen Halter eingeklemmt, so dass das Bein verkehrt herabhängt. Mit einem Flächen-

1) Ich habe fast ausschliesslich Rana esculenta benutzt. Bei der Temporaria ist die Triceps-Aponeurose viel schwächer ausgebildet, was für die Versuche störend ist.

schnitt wird der Triceps femoris, so weit sein aponeurotischer Theil reicht, vom Oberschenkel abgetrennt, sogleich mit einem Messer von hinten her alles Fleisch von der Triceps-Aponeurose abgeschabt und nun die Tricepssehne über das Kniegelenk hinweg von diesem abpräparirt, und sammt ihrer Aponeurose nach oben umgeschlagen. Ferner wird der untere Femurtheil bis zum Knie durch Abschaben völlig fleischfrei gemacht, das Femur in der Mitte amputirt und das Obere (Becken nebst dem andern Schenkel) entfernt. Indem man das Femur fest packt, senkt man jetzt einen starken, gefirnissten S-förmigen Stahlhaken, der ein für allemal mit dem oberen Wirbel des Muskelhalters durch einen starken doppelten Seidenfaden verknüpft ist, ins Kniegelenk ein, so dass dasselbe in sagittaler Richtung ganz durchbohrt ist, und schneidet nun das Femur nochmals, dicht am Kniegelenk ab. Nunmehr wird der Fuss aus dem Stativ herausgenommen, und statt seiner der das Knie tragende Wirbel eingeklemmt, das Fussgelenk ohne die Achillessehne durchschnitten, der Unterschenkelrest vom Gastrocnemius abgezogen und dicht am Knie ohne bleibende Fleischreste amputirt; ferner auch der Fuss von der mit der Achillessehne in Verbindung bleibenden Plantaraponeurose (deren Vorderfläche rein geschabt wird) abpräparirt und entfernt; endlich in die mit dem Messer über dem Sesamknorpel gespaltene Achillessehne der gefirnisste Stahlhaken des unteren Spannwirbels eingesenkt. Die ganze Präparation nimmt wenige Minuten in Anspruch. Das Präparat besteht also aus dem Gastrocnemius, der oben mit dem fleischfreien Kniegelenk und der Tricepsaponeurose, unten mit der Plantaraponeurose in Verbindung ist, und an dessen Knie und Achillessehne die spannenden Fäden sich inseriren. Die beiden Aponeurosen dienen lediglich zur Ableitung.

Der Muskelträger M besteht aus einem polirten Holzstück von 87 mm. Höhe, 37 mm. Breite und 24 mm. Dicke. In seine Rückseite ist bei V ein messingenes Futter eingelassen, welches auf das horizontale, am Schieber Z angebrachte Schlittengeleise U passt; das Brett kann mit einem einzigen Handgriff durch Lüften der Pressschraube W vom Rheotom entfernt und nach Anbringung des Muskels wieder an letzterem unverrückbar befestigt werden. Die Schlittenbahn lässt die Einstellung in beliebigem Abstand von der Rheotombahn zu. (Die gröbere Einstellung des Muskels gegen die Fischhaut geschieht durch diese Einrichtung, die feinere am Fallklotz selbst, s. oben.) Das Brett des Muskelträgers besitzt die Lö-

cher für die Elfenbeinwirbel o und o′ zum Aufspannen des Muskels, trägt ferner eine kurze Messingsäule q zur Anlehnung des Muskels, endlich die messingenen Electrodenträger p und p′. Auf die Messingsäule q ist ein Lager r aus Kammmasse geschoben, über welches der Muskel so hinweggespannt wird, dass seine Vorder- (Tibial-) Fläche ihm anliegt; dies Lager kann nicht allein längs der Säule verschoben, sondern auch um dieselbe gedreht werden, so dass die Fläche, gegen welche der Muskel lehnt, die für den Versuch geeignetste Neigung hat; durch die Schraube x, die durch ein messingnes Futter geht, kann das Lager in der ihm gegebenen Stellung festgestellt werden. Bei der Keilform des unteren Gastrocnemiusendes muss, da die Aponeurosenfläche vertical stehen soll, die Lagerfläche oben etwas weiter von der Fallbahn abstehen als unten. Diese Stellung des Lagers r erkennt man in Fig. 4.

Die Electroden haben folgende Einrichtung, die sich ausserordentlich gut bewährt hat. Mit Gleichartigkeit und Unpolarisirbarkeit müssen sie die Eigenthümlichkeit verbinden, den thierischen Theilen nicht bloss anzuliegen, — dann würden sie durch den Stoss jedesmal verlagert werden oder ihren Contact verlieren, — sondern dieselben fest zu packen. Die Säulen p und p′, von denen erstere kürzer ist als die zweite, tragen mittels der von den du Bois'schen Apparaten her bekannten Kugelgelenke kleine messingene Zangen. Eine solche Zange ist an der Innenfläche, Stirn- und Seitenrändern der einen (beweglichen) Backe v mit Kammmasse gefüttert, die andere (feste) Backe z ist an den entsprechenden Stellen mit Zink überkleidet, dessen freie Fläche amalgamirt ist. Ein rechteckiges Plättchen von Waschleder w, welches in gesättigter Zinklösung einmal gekocht und in solcher Lösung aufbewahrt ist, kommt, nach gelindem Abpressen zwischen Fliesspapier, auf die Innenfläche der Zinkbacke zu liegen, so dass sie der Ebonitfläche gegenübersteht und zwischen diese beiden Flächen wird der ableitende Sehnenstreifen (Triceps- resp. Plantaraponeurose) gefasst und mittels der Pressschraube der Zange eingeklemmt. So ist auf einfachste Weise dafür gesorgt, dass der Sehnenstreifen nur mit Ebonit und Zinkvitriolleder, das letztere nur mit Ebonit und amalgamirtem Zink in Contact ist. — Diese festpackenden Electroden sind auch für Versuche über die Schwankung bei Zuckungen sehr zu empfehlen.

V. Aufstellung, Justirung und zeitliche Graduirung des Rheotoms.

Das Rheotom wird auf einem ungewöhnlich massiven Tisch, möglichst nahe über einem Fuss desselben aufgestellt. (Mein Tisch hat Füsse deren quadratischer Querschnitt 80 mm. Seite hat; die eichene Deckplatte ist 48 mm. dick.) Der Apparat wird mittels der Stellschrauben genau vertical gestellt, und dann die Grundplatte mittels zweier sie und die Tischplatte durchbohrender Durchsteckschrauben mit Muttern (zum Theil in Fig. 1 und 4 sichtbar, G' und G") auf der Tischplatte befestigt.

Jetzt muss der wahre Werth der Theilstriche, welche auf einen willkürlichen Nullpunct sich beziehen, in der Weise festgestellt werden, dass man für jede Stellung des Zügels genau den Verticalabstand kennt, den der Fallklotz von seiner Ausgangsstellung bis zur Schliessung des Schliessungscontacts zu durchlaufen hat. Zu dem Ende wird zunächst die Reduction des Nullpuncts der Scale bestimmt, d. h. der Verticalabstand a desselben von der unteren Fläche des oben aufgehängten Fallklotzes. Zweitens wird der Fallklotz in irgend einer Stellung nahe dem unteren Ende, jedoch oberhalb des Zügels, durch Unterlagen festgestellt, und nun der Zügel mit geöffnetem Schliesscontact langsam gegen den Fallklotz hinaufgeschoben; der Schliesscontact ist in einen Stromkreis mit Verticalgalvanoscop eingeschaltet. Der Hebel des Schliesscontacts stösst schliesslich an den Fallklotz an, und bei etwas weiterem Vorschieben wird plötzlich der Contact geschlossen, der Magnet abgelenkt. Die nunmehrige Stellung des Zügels wird an der Scala abgelesen; jetzt ist nur noch der Abstand zu bestimmen, den die untere Fläche des Fallkörpers in diesem Augenblicke von dem Scalenpuncte am Zeiger des Zügels hat; dies geschieht mittels des Cathetometers. Ist n ein Scalenpunct, auf den der Zeiger j des Zügels eingestellt ist, so ist offenbar die Fallhöhe h, welche der Fallklotz von seiner Aufhängung aus bis zum Momente der Schliessung des Contacts X zu durchlaufen hat,

$$h = n - a + b.$$

An meinem Apparat ist $a = 11$, $b = 34{,}7$ mm., also

$$h = n + 23{,}7 \text{ mm}$$

Endlich ist noch die Fallhöhe H bis zur Oeffnung des unteren Contacts zu bestimmen. Hierzu wird der untere Contact geschlossen und durch einen untergesetzten Holzkeil an die Contactspitze fest angelehnt, und nun der Fallklotz so herabgelassen, dass er auf dem

Hebel des Oeffnungscontacts aufruht. Der jetzige Verticalabstand der unteren Fläche des Fallklotzes von derselben Fläche in der oberen Ruhelage wird cathetometrisch bestimmt. Bei mir ist

$$H = 1361 \text{ mm}.$$

Für jeden Stand n des Zügels (resp. die zugehörige Schliessungsfallhöhe h) ist nun noch die Zeit t zwischen Schliessung bei X und Oeffnung bei O zu bestimmen. Dies kann durch Rechnung und durch directe Beobachtung geschehen. Aus den Fallgleichungen ergiebt sich

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2}{g}}\left(\sqrt{H} - \sqrt{h}\right).$$

Eine wirkliche Zeit wird aber immer um ein Geringes länger sein als diese Formel ergiebt, einmal wegen der, freilich sehr geringen Reibung des Klotzes an den Schienen, zweitens wegen des Anstosses des Klotzes an den Contactarm e und vor Allem an den Muskel im Versuch A.

Eine Verlängerung der Zeit t durch den Stoss kann für die Beweiskraft unsrer Versuche nur erhöhend wirken. Da sie nämlich nur im Versuch A stattfindet, ist regelmässig die Schliessungsdauer im Versuch A grösser als im Versuch B. Wenn nun trotzdem im Versuch A eine kleinere Ablenkung als in B stattfindet, so ist a fortiori bewiesen dass der Muskelstrom nach Anlegung des Querschnitts zu seiner Entwicklung Zeit bedarf.

Für die genaue Messung der Entwicklungszeit des Stromes ist dagegen die Zeitdifferenz in A und B ein Uebelstand, der nur dadurch beseitigt werden kann, dass die Zeitdifferenz entweder verschwindend klein oder genau bekannt ist. Letzteres ist, da die Stärke des Stosses in jedem Versuche eine etwas andere ist, nicht möglich. Man muss deshalb den Einfluss des Stosses möglichst klein, d. h. die lebendige Kraft des Fallkörpers möglichst gross machen. Dies habe ich durch grosse Masse desselben und durch bedeutende Fallhöhe erreicht.

Direct habe ich die Zeit t in zahlreichen Versuchen für eine Anzahl Zügelstellungen mittels der Pouillet'schen Methode bestimmt. Der Fallklotz schliesst ganz einfach einen Stromkreis mittels des Contacts X, und öffnet ihn gleich darauf mittels des Contacts O. Der Strom wurde von 1 Daniell mit 100 S.-E. Widerstand geliefert; der Boussolmagnet war völlig ungedämpft, das Gewinde war eine Thermorolle; eine andere Thermorolle mit besonderem Stromkreise diente zur Beruhigung. Die Schwingungsdauer des Ma-

gneten war genau 6 Secunden. Die permanente Ablenkung kann, bei dem geringen Widerstande des Boussolgewindes, nicht in der Helmholtz'schen Weise (durch Abzweigung eines bekannten Bruchtheils des Stromes) geschehen, sondern wurde durch Einschaltung grosser Widerstände in den Kreis, dessen sämmtliche Widerstände genau bekannt sind, ermittelt. Die Widerstände des ganzen Kreises betrugen bei den zeitmessenden Versuchen (incl. der eingeschalteten 100 S.-E.) genau 107,5 S.-E. Mit einer Hinzufügung von 7900 E. ergab sich eine permanente Ablenkung von 743 sc., mit Hinzufügung von 9400 E. betrug sie 627 sc. Hieraus berechnet sich die permanente Ablenkung α des Versuchsstroms zu $\log \alpha = 4{,}74350$. Im Folgenden stelle ich nun die gefundenen Zeitwerthe mit den berechneten zusammen; die Pouillet'schen Ausschläge p sind die Mittel aus zahlreichen sehr nahe übereinstimmenden Einzelversuchen.

Stand des Zügels.		Pouillet'sche Bestimmung.		Berechnung nach Gleichung Seite 200	Differenz
Theilstrich n	Entsprechende Fallhöhe h (met.)	Ausschlag p	hieraus t gef.	t ber.	t gef. — t ber.
1250	1,2787	501,5	0,01729	0,01717	+0,00012
1300	1.3287	212,5	0,00733	0,00727	+0,00005
1310	1,3387	157,0	0,00541	0,00531	+0,00010
1320	1,3487	98,0	0,00338	0,00337	+0,00001
1330	1,3537	40,0	0,00138	0,00142	—0,00004

Die Uebereinstimmung der berechneten und gefundenen Zeiten muss als eine höchst befriedigende bezeichnet werden, da das Maximum der Abweichung nur $\frac{1}{10000}$ Secunde beträgt. Durchweg mit Ausnahme der Stellung 1330 sind, wie zu erwarten war, die gefundenen Zeiten ein wenig grösser, als die berechneten. Die Kleinheit der Differenz beweist den guten Fall und die Zuverlässigkeit des Apparates.

Bei dem im Sommer 1875 benutzten vorläufigen Apparat [1]) waren die Differenzen zwischen gefundenen und berechneten Zeiten nicht unbedeutend. Vor Allem aber zeigte sich damals zwischen der Fallzeit in Versuch A und B eine durch den Stoss bedingte Zeit-

1) Dieser einfachere Apparat hatte hölzerne Schienen mit einfacher Nuth, in welche der kaum halb so schwere Fallklotz mit angegossenen Flügeln eingriff; die Fallhöhe betrug nicht ganz 1 Meter.

differenz von 5 — 10 pCt. der Fallzeiten innerhalb der Versuchsbreiten. Die dadurch bedingte Ungenauigkeit in der Bestimmung der Entwicklungszeiten war ein Hauptgrund zur Vervollkommnung des Apparats hinsichtlich glatteren Falls, grösserer Fallhöhe und grösserer Masse des Fallkörpers. Aber meine Erwartungen wurden weit übertroffen. Als ich nämlich mit dem neuen Apparat mit Pouillet'scher Zeitmessung die Ausschläge ohne Stoss und mit Stoss gegen einen zum Versuch hergerichteten und wie gewöhnlich eingestellten Muskel verglich, zeigte sich überhaupt kein verzögernder Einfluss des Stosses mehr. Die äusserst kleinen Differenzen haben keinen constanten Sinn und liegen ganz innerhalb der Fehlergrenzen. Die Schliesszeiten in Versuch A und B sind also als genau gleich zu betrachten.

Die folgende kleine Tabelle giebt die für jede Zeigerstellung n des Zügels, von n = 1200 bis n = 1330, gültige Zeit von Schliessung des Contacts X bis zur Oeffnung des Contacts O.

n =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1200	0,0273	0,0271	0,0269	0,0267	0,0265	0,0262	0,0260	0,0258	0,0256	0,0254
1210	0,0252	250	248	246	244	242	240	238	236	234
1220	0,0232	230	228	226	224	222	220	218	216	214
1230	0,0212	210	208	206	204	202	200	198	196	194
1240	0,0192	190	188	186	184	182	180	178	176	174
1250	0,0172	170	168	166	164	162	160	158	156	154
1260	0,0152	150	148	146	144	142	140	138	136	134
1270	0,0132	130	128	126	124	122	120	118	116	114
1280	0,0112	110	108	106	104	102	100	0,0098	97	94
1290	0,0092	90	88	86	84	83	81	79	77	75
1300	0,0073	71	69	67	65	63	61	59	57	55
1310	0,0053	51	49	47	45	43	42	40	38	36
1320	0,0034	32	30	28	26	24	22	20	18	16
1330	0,0014									

Alle im Folgenden vorkommenden Zeiten sind auf die Hauptscala bezogen. Die Zeit zwischen zwei Werthen von n erhält man, wenn man die Differenz der Tabellenzeiten sucht.

VI. Die Boussole.

Da es sich bei den vorliegenden Versuchen um sehr kurze Schliessungsdauern handelt, die Ströme aber nur von der Ordnung des Muskelstroms sind, so bedarf es besonderer Vorkehrungen, um an der Boussole noch deutliche Wirkungen zu erhalten.

Vor Allem muss die sonst so bequeme Dämpfung und die damit verbundene Möglichkeit der aperiodischen Bewegung aufgegeben

werden. Denn die Dämpfung verkleinert die durch kurze Stromstösse erhaltenen Ausschläge bedeutend, im äussersten Falle auf $\frac{1}{e}$ ihres Werthes, worin e die Basis der natürlichen Logarithmen.

Ist nämlich c die einem in der Gleichgewichtsstellung befindlichen Magneten durch einen Stromstoss ertheilte Anfangsgeschwindigkeit (die natürlich von der Dämpfung unabhängig ist), ferner n^2 die magnetische Richtkraft für die Einheit der Ablenkung und 2ε die Dämpfung für die Einheit der Geschwindigkeit, beide letzteren Werthe dividirt durch das Trägheitsmoment des Magneten, so beträgt die Ablenkung durch den Stromstoss:

a) für den ungedämpften Magneten ($\varepsilon = 0$):

$$h = \frac{c}{n};$$

b) für den gedämpften Magneten

$$h = \frac{c}{n} . e^{-\frac{\varepsilon}{\sqrt{n^2 - \varepsilon^2}} . \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{n^2 - \varepsilon^2}}{\varepsilon}};$$

c) für den aperiodischen Magneten (wo $\varepsilon = n$)

$$h = \frac{c}{\varepsilon . e} = \frac{c}{n . e}.$$

Man gewinnt also, wenn man mit ungedämpften Magneten arbeitet, gegenüber dem aperiodischen Magneten, fast das Dreifache an Empfindlichkeit [1]).

Durch den Verzicht auf die Dämpfung entsteht freilich die Schwierigkeit, den Magneten nach jedem Ausschlag beruhigen zu müssen, was besonders bei Versuchen in denen es auf genaue Compensation ankommt, recht unbequem ist. Indessen erlernt man diese in Folge des überwiegenden Gebrauchs aperiodischer Magnete bei den Physiologen wenig geübte Kunst der Physiker sehr schnell. Zum Beruhigen benutzte ich das schon bei meiner Arbeit über die Leitungsgeschwindigkeit im Muskel angewandte Verfahren (vgl. dies Archiv X. p. 52); jedoch war eine besondere Beruhigungsrolle auf den Boussolschlitten aufgeschoben, eine Thermorolle, in welche ein

1) Der Magnet ist stark astatisch. Da ich keinen Vortheil davon sehe, abweichend von den meisten Physikern den Nullpunct in die Mitte der Scala zu verlegen, so verzichte ich auch auf eine Vorrichtung um den Hauy'schen Magneten vom Platze aus zu bewegen. Bei den Versuchen Bd. VI. p. 563 dieses Archivs wäre eine solche freilich willkommen gewesen; doch habe ich das damalige Reductionsverfahren seitdem verlassen (vgl. Bd. X. p. 227).

äusserst kleiner Stromzweig eines Daniell durch leichte Fingerschläge auf eine Art Telegraphenschlüssel hineingelassen werden konnte. Die Anwendung einer besonderen Beruhigungsrolle hat den ungemeinen Vortheil, dass man den Magneten nicht bloss in seiner Gleichgewichtslage, sondern auch in irgend welcher abgelenkten Stellung beruhigen kann.

Mit der Entfernung der Dämpfrolle wird ein wegen der Nähe des Magneten kostbarer Raum disponibel, den ich zur Erhöhung der Empfindlichkeit mit Hülfsrollen ausgefüllt habe. Ein statt der Dämpfhülse an den trapezoiden Träger derselben anschraubbares Messingfutter, dessen Längsschnitt dem eines Multiplicatorrahmens ähnlich ist (nur hat er statt des parallelepipedischen Nadelspielraums ein cylindrisches Rohr) und auf welches die gewöhnlichen Rollen genau hinüberpassen, ist ganz mit Windungen ausgefüllt, deren es jederseits 8100, also im Ganzen 16200 fasst. Mit den gewöhnlichen Rollen zusammen hat so meine Boussole 29200 Windungen. Das messingene Futter übt, in Gemeinschaft mit den nahen Drahtmassen, trotz seiner Dünne eine merkliche Dämpfkraft auf den Magneten aus, welche — unvergleichlich kleiner als die der gewöhnlichen Dämpfhülse — wenig schädlich und für die Beruhigung angenehm ist.

Das Magnetgehänge, viel leichter als die gewöhnlichen zur Boussole gelieferten, ist das von mir schon früher (dies Archiv V. p. 235. Anm.) erwähnte, neuerdings mit einem Steinheil'schen Spiegel der allerdünnsten Art (1/2 mm. dick) versehen.

Ob die Hülfsrolle sich wirklich vortheilhaft erweist, habe ich durch eine besondere Versuchsreihe geprüft. Ein Strom, welcher geliefert wurde von 1 Daniell mit 3000 Einheiten des du Bois'schen Rheochords als Hauptwiderstand, mit einer Nebenschliessung von 500 Einheiten (156 Einheiten = 1 Siemens), wurde, bei einem Widerstand von 5000 Siemens'schen Einheiten im benutzten Zweige, mittels des Fall-Rheotoms auf kurze Zeit geschlossen, und die Ablenkungen an der Boussole verglichen, einmal ohne, einmal mit Hülfsrolle, bei sonst genau gleichen Bedingungen. Die Ablenkungen betrugen

Theilstrich.	Entsprechende Zeit.	Ohne Hülfsrolle.	Mit Hülfsrolle.
1330	0,00142 Sec.	3 1/2; 4.	7; 8.
1300	0,00727 »	30; 32; 31.	66; 66.

Die Empfindlichkeit wird also (für den Widerstand von 5000 S.-E.) durch die Hülfsrolle fast genau verdoppelt.

Eine Zeit lang habe ich versucht, eine noch grössere Empfindlichkeit durch den Multiplicator zu erreichen, über dessen Nadelpaar ich meinen leichten Steinheil'schen Spiegel anbringen liess. Der Multiplicator erfüllt nämlich im Grunde die hier vorliegende Bedingung zahlreicher Windungen und sehr geringer Dämpfung vortrefflich, und hat vor der Boussole den Vorzug grosser Nähe der Magnetpole an den Windungen und der Wirksamkeit auch des oberen Magnets. In der That erreichte ich mit einem Sauerwald'schen Multiplicator von nur 16000 Windungen eine noch grössere Empfindlichkeit, als bei der Boussole selbst mit ihren Hülfsrollen. Aber die grosse Inconstanz des Nullpunkts und die sehr trägen Schwingungen des Nadelpaars, die besonders das Beruhigungsgeschäft in die Länge ziehen, machen die Benutzung des Multiplicators so unbequem, dass ich es vorzog zur Boussole zurückzukehren. Immerhin haben die alten Multiplicatoren, die jetzt in den physiologischen Laboratorien fast unbenutzt dastehen, noch eine Zukunft bei den Aufgaben, wo es auf die allerhöchste Empfindlichkeit und nicht auf schnelle Schwingung ankommt.

VII. Ausführung und Berechnung der Versuche.

Nachdem das Präparat in der oben beschriebenen Weise hergestellt, wird dasselbe an dem Muskelhalter, der hierzu vom Rheotom abgenommen ist, mittels Einstecken der beiden Wirbel in ihre Löcher in zweckmässiger Lage, wie sie Fig. 4 verdeutlicht, mässig stark ausgespannt (zu starke Spannung entwickelt allmählich Ströme, so dass eine genaue Compensation unmöglich wird), und mit den Electroden wie p. 198 beschrieben, verbunden. Jetzt wird, nachdem der Zügel auf den gewählten Theilstrich eingestellt ist, der Muskelhalter auf seinen Schlitten gesteckt, auf demselben gegen die Fallbahn nahe herangeschoben und durch festes Anziehen der Schraube W befestigt. Nun wird der Fallklotz herabgelassen, dicht über dem Muskel festgehalten und nun mittels des Schlüssels Y der Fischhautträger micrometrisch soweit vorgeschoben als zum sicheren Abstreifen der Sehnenhaut nothwendig (hierin erlangt man bald ein sehr sicheres Augenmass), und der Fallklotz wieder oben eingehängt. Dann wird Contact X und O geschlossen und durch Oeffnen des Schlüssels zur Boussole die (immer sehr mässige) Ablenkung durch den schon vorhandenen Muskelstrom, genau compensirt. Jetzt wird

Contact X geöffnet, und nun während das Auge ins Fernrohr sieht, Versuch A durch Anziehen der Schnur S ausgeführt.

Unmittelbar darauf folgt Versuch B. Der Muskelhalter wird durch Lüften der Schraube W um eine Strecke von $^1/_2$—1 cm. auf seiner Schlittenbahn zurückgezogen (die abgestreifte Sehnenhaut hängt von der Achillessehne frei herab), der Fallkörper unten gelöst und oben wieder aufgehängt, Contact X wieder geöffnet, dann O wieder geschlossen und nun während Beobachtung der Scala der Faden wieder angezogen. Der so ausgeführte Versuch B (Fall wie in A, aber ohne Berührung des — hinreichend zurückgezogenen — Muskels, dessen Strom in Versuch A entwickelt worden ist) kann natürlich beliebig oft wiederholt werden. Zum Schluss pflege ich, indem ich beide Contacte schliesse, die volle Ablenkung des entwickelten Stromes hervorzurufen und durch Compensation dessen electromotorische Kraft zu bestimmen, nach Abzug der schon vor Versuch A vorhanden gewesenen. Es folgen dann noch die zur Bestimmung der Streif- und Vorschlusszeit erforderlichen Ablesungen (s. unten).

Vor Mittheilung der Resultate noch einige Bemerkungen über die Vorbereitung.

Bei der Präparation wird man natürlich jede Manipulation, welche den Strom des Achillesspiegels entwickeln kann, Berührung desselben mit den Fingern, mit Tellerflächen oder gar mit Hautsecret, sorgfältig vermeiden; deshalb die p. 196 f. vorgeschriebene Präparation am hängenden Beine. Freilich wird der Versuch durch theilweise Entwicklung des Stromes keineswegs gehindert, da ja der vorher entwickelte Strom vor Versuch A compensirt wird. Aber es liegt auf der Hand, dass der Strom, den die Fischhaut entwickelt, möglichst kräftig sein soll, um bei kurzen Schliesszeiten noch erhebliche Ausschläge zu geben; der noch zu entwickelnde Rest wird aber nothwendig um so kleiner ausfallen, je mehr schon vorher entwickelt war.

Noch einen wesentlichen Punkt des Versuchsverfahrens muss ich berühren. Bei den Versuchen im Sommer 1875, von denen ich die vorläufige Mittheilung gemacht habe, blieb in Versuch A der Schliesscontact X während des Versuchs geschlossen. Der Versuch A bestand also nur darin, dass der Stromkreis kurze Zeit nach Abstreifung der Sehnenhaut geöffnet wurde. Erst in Versuch B trat an die Stelle der Abstreifung die Schliessung des Stromkreises.

Dies Verfahren bot eine sehr empfindliche Schwierigkeit. Wenn nämlich nach der Compensation in der kurzen Zeit bis zum Versuch A die Compensation um ein Minimum ungenau geworden war, was natürlich sehr leicht eintritt, so musste, auch wenn in die Schlusszeit keine Spur von Entwicklung des Muskelstroms fiel, durch die Oeffnung des Contacts O eine kleine Bewegung der Scala eintreten, indem der Magnet in seine wahre Ruhelage zurückkehrte, oder vielmehr (bei dem Mangel der Dämpfung) um ebensoviel über dieselbe hinausschwang. Mit andern Worten: eine blosse Ungenauigkeit der Compensation um 1 mm. bewirkte in Versuch A eine Ablenkung von 2 mm., die natürlich äusserst schwer zu unterscheiden war von einem durch entwickelten Muskelstrom bewirkten Ausschlag von 2 mm. — Diese Schwierigkeit, welche jene Versuche durch die dadurch bedingte angespannteste Aufmerksamkeit sehr ermüdend machte, habe ich später durch einen ungemein einfachen Kunstgriff vollkommen beseitigt. Ich öffne nämlich, wie oben angegeben, auch in Versuch A den Contact X vor dem Versuch (unmittelbar nach der Compensation), und lasse ihn erst durch den Fallklotz schliessen (so dass die Schliesszeit in Versuch A und B gleich lang ist). Gesetzt nun die Compensation sei wiederum um m Scalentheile ungenau, oder sei es in der kurzen Zwischenzeit vor dem Fall geworden, so wird diese Ungenauigkeit im Versuch einen Ausschlag von $m. \pi. \frac{t}{T}$ Scalentheilen verursachen, worin t die äusserst kurze Schliessungszeit, T die Schwingungsdauer des Magneten. In meinen Versuchen wäre der Anschlag etwa $\frac{m}{800}$ Scalentheile, also absolut unmerklich, selbst wenn m den colossalen Betrag von 100 Sc. hätte.

In Versuch A und B also wird der Stromkreis durch den Fallklotz geschlossen und kurze Zeit darauf wieder geöffnet; die Schlusszeit ist in beiden Versuchen gleich. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dass in Versuch A die Sehnenhaut im Beginn der Schlusszeit abgestreift wird, in Versuch B aber der Muskelstrom schon vorher entwickelt ist.

Die Abstreifung der Sehnenhaut erfordert eine gewisse Zeit, da die Fischhautleiste über eine Muskelstrecke von etwa 1—1½ cm. Länge hinübergeht, und dabei die Sehnenhaut mit sich nimmt. (Diese »Streifzeit« lässt sich leicht aus dem Fallgesetz berechnen, da wir oben, Seite 202, gesehen haben, dass die Reibung am Muskel den

Fall durchaus nicht verzögert.) Durch Auf- und Niederstellen der Fischhautleiste an der Stirnfläche des Fallklotzes haben wir es nun völlig in der Hand, die Streifzeit ganz vor die Schliessung, ganz in die Schlusszeit hinein, oder auch theils vor, theils in die Schlusszeit zu verlegen.

Um die hier in Betracht kommenden etwas verwickelten Verhältnisse besser zu zergliedern, diene folgende Betrachtung.

Wenn der Muskelstrom nicht präexistirt, so ist nach Analogie andrer physiologischer Processe zu vermuthen, dass nach der Anlegung des Querschnitts ein Stadium der Zunahme des Stromes von Null bis zur vollen Entwicklung eintreten werde, dem ein Latenzstadium vorangehen kann. Da jede einzelne der successive angerissenen Fasern zu anderer Zeit diese Entwicklung durchmacht, unser Verfahren aber nur summarisch das Quantum der innerhalb einer gewissen Zeit entwickelten Electricität feststellen kann, so ist es zweckmässig die Aufgabe einstweilen zu vereinfachen. Es sei a in Fig. 6 der Moment der Verletzung einer Faser, und a b c d die Curve der zeitlichen Entwicklung des Muskelstroms (also a b ein Latenzstadium). Substituiren wir nun vor der Hand für die zu vermuthende allmähliche Entwicklung eine plötzliche e f, so dass der Flächeninhalt des Rechtecks efcg gleich dem der Curvenfigur bcg, so stellt das Stück ae eine Zeit dar, die man als »reducirte Entwicklungszeit« E bezeichnen kann. Für unser Verfahren wird es nämlich, vorausgesetzt dass die Oeffnung des Boussolkreises erst nach vollkommen vollendeter Entwicklung eintritt, genau gleiche Resultate geben, ob der Strom sich nach der Curve abc oder nach der Curve aef entwickelt. Wir dürfen daher, vor der Hand auf die Feststellung des wahren zeitlichen Verlaufs der Entwicklung verzichtend, zunächst die einfachere und doch schon einen tieferen Blick gestattende Frage stellen, ob eine Zeit E überhaupt existirt, und wie gross dieselbe ist.

Zur besseren Uebersicht nehmen wir einstweilen an, es werde während der Streifzeit s eine Faser nach der andern von der Fischhautleiste angerissen, so, dass die Anzahl der angerissenen Fasern der Zeit proportional wächst. In Fig. 7 bedeute der Abscissenabschnitt $\alpha\beta$ die Streifzeit, die Ordinate $\beta\gamma$ die Zahl der am Ende der Streifzeit angerissenen Fasern; die Ordinatenstücke zwischen $\alpha\beta$ und $\alpha\gamma$ würden also die Zahl der in jedem Moment der Streifzeit abgerissenen Fasern angeben. Ferner bedeute $\alpha\lambda$ die soeben definirte »reducirte Entwicklungszeit« E; die Linie $\lambda\mu$ (parallel $\alpha\gamma$) bezeich-

net dann, wie viel Fasern zu jeder Zeit die Zeit E überstanden, also vollen Strom haben; sie werden nämlich durch die Ordinaten zwischen $\lambda\nu$ und $\lambda\mu$ angegeben; zur Zeit ν ist die Stromentwicklung beendigt. Endlich erfolge die Schliessung des Stromkreises zur Zeit ξ, und die Oeffnung zur Zeit o, d. h. (s. oben) nach vollständiger Beendigung der Entwicklung. Wir nennen ξo die Schlusszeit t, und $\alpha\xi$ (die Zeit zwischen Beginn des Streifens und Schliessung) die Vorschlusszeit v. Offenbar müssen sich nun die Ablenkungen im Versuch B und A verhalten wie die schraffirten Flächen $\xi o\pi\varrho$ und $\lambda o\pi\mu$. Nennen wir A und B die in Scalentheilen abgelesenen Grössen dieser Ablenkungen, so verhält sich also $A : B = \lambda o\pi\mu : \xi o\pi\varrho$. Da ferner $\lambda\nu = \alpha\beta = s$, und $\nu o = v + t - E - s$, so ist $\lambda o\pi\mu = n\left(v + t - E - s + \frac{s}{2}\right)$ und $\xi o\pi\varrho = nt$.

Also $$A : B = v + t - E - \frac{s}{2} : t,$$

woraus $$E = \frac{B - A}{B} t + v - \frac{s}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Die in der Formel vorkommenden Zeiten t, s und v werden bei jedem Versuche einfach direct ermittelt. t ist aus der Schieberstellung n durch die Tabelle p. 202 direct gegeben. s und v werden nach dem Versuch B folgendermassen ermittelt. Der Fallkörper wird durch einen Untersatz so festgestellt, wie er im Moment der Schliessung steht [1]). Jetzt wird der Zügel so verschoben, dass die Fischhautleiste den Anfang, und dann so, dass sie das Ende der Rissstelle am Muskel genau deckt, und diese beiden Zügelstellungen n_1 und n_2 notirt. Die Zeit zwischen beiden ist sehr leicht aus der Tabelle durch eine einfache Subtraction zu entnehmen; es ist nämlich offenbar die Streifzeit $s = t_{n_1} - t_{n_2}$. Endlich ist die Vorschlusszeit $v = t_{n_2} - t_n$, worin n die Zügelstellung im Versuche selbst.

Wie man sieht, kann jeder Versuch, bei welchem die Oeffnung des Boussolkreises nach Beendigung der Schliessung fällt, zur Berechnung der reducirten Entwicklungszeit E nach Formel 1 benutzt werden. Diese Berechnung ist aber insofern ungenau, als die Voraussetzung, dass die Verletzung der Fasern während der

1) In Wirklichkeit geschieht die Feststellung in einer bestimmten immer gleichen Stellung, und die gefundenen Werthe werden erst dann auf die Zügelstellung des Versuchs reducirt.

Streifzeit der Zeit proportional vorschreitet, wegen der verjüngten Gestalt und des complicirten Baues des Gastrocnemius nicht völlig richtig ist. Vielmehr zeigt ein Versuch du Bois Reymond's, dass systematisch der Längsrichtung nach auf einander folgende Anätzungen des Achillesspiegels durch »Milchsäurescheibchen«[1]) oder durch quere Brandstriemen[2]) nicht gradlinig fortschreitende Kraftzuwächse geben; nach diesen Versuchen ist anzunehmen, dass, wenn die Fischhautleiste von oben nach unten den Muskel streift, die entwickelten Faserzahlen und Kräfte mit beschleunigter Geschwindigkeit zunehmen, die Linien $\alpha\gamma$ und $\lambda\mu$ in Fig. 7 also nicht gradlinigt, sondern gegen die Abscisse convex verlaufen. In Folge dessen ist, wie man leicht findet, der nach Gleichung 1 berechnete Werth von E grösser als der wirkliche. Indessen kommt es uns überhaupt viel mehr auf die Existenz als auf die Grösse von E an.

Um so viel wird jedenfalls E nie zu gross gefunden, dass der Fehler die Existenz in Frage stellt. Fällt die Schliessung an das Ende der Streifzeit, so ist überhaupt, wenn B $>$ A, an der Existenz der Entwicklung gar kein Zweifel möglich. Diesen Fall, in welchem also $v = s$, und $t_{n_1} = t_n$, habe ich deshalb meist hergestellt[3]).

VIII. Resultate der Versuche und Schlüsse aus denselben.

Als Beispiele führe ich aus dem mir vorliegenden Material von nahezu 300 Versuchen, die zu allen Jahreszeiten angestellt sind, einige wenige an.

Versuch 1.

n = 1820. Ruhestrom ↑, compensirt durch W 500[4]), c 470, = 0,0018 Dan.
Ablenkung in Versuch A ↑ $3\frac{3}{4}$ sc.
" " " B ↑ 5 ", wiederholt ↑ 5 sc.

---

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. p. 564 ff.

2) Ebendaselbst 1876. p. 136 ff.

3) Bei den Versuchen im Sommer 1875 musste natürlich wegen des Fortfalls der Schliessung in Versuch A, die Schliessung in B der Mitte der Streifzeit entsprechen.

4) Meine Compensationsvorrichtung hat im Hauptkreis einen Daniell und einen Siemens'schen Rheostaten, dessen Widerstände (Siem.-Einheiten) unter W angegeben sind. Der Compensatordraht ist ein 2 Meter (genauer 1980 mm.) langer dünner Platindraht, dessen wirksame Längen in mm. unter

Der entwickelte Strom ↑, compensirt durch W 20, c 635 = 0,0493 Dan.
(Zuwachs = 0,0475 Dan.)

Die Zeiten sind (vgl. p. 167).

$n = 1320$	$tn = 0.0034$ also	$t = 0,0034$
$n_1 = 1308$	$tn_1 = 0,0057$	$s = 0,0067$
$n_2 = 1322$	$tn_2 = 0,0030$	$v = 0,0023$

Da ferner $\frac{B-A}{B} = \frac{1}{4}$, so ist nach Formel (1)

$E = 0,00180$ Sec.

Versuch 2.

$n = 1320$. Ruhestrom ↑, cp. W 200, c 490, = 0,0048 Dan.

Ablenkung in Versuch A ↑ $2\frac{1}{4}$ sc.

" " " B ↑ $4\frac{3}{4}$ ", wiederholt ↑ $4\frac{1}{4}$ sc. $\frac{B-A}{B} = \frac{8}{19}$

Der entwickelte Strom ↑, cp. W 20, c 750, = 0,0582 Dan. (Zuwachs 0,0534 D.)

Es ergiebt sich

$n = 1320$	$tn = 0,0034$ also	$t = 0,0034$
$n_1 = 1307$	$tn_1 = 0,0059$	$s = v = 0,0025$
$n_2 = 1320$	$tn_2 = 0,0034$	

also $E = 0,00268$ Sec.

Versuch 3.

$n = 1320$. Ruhestrom ↓ W 200, c 580, = 0,0056 Dan.

Ablenkung in Versuch A ↑ $2\frac{1}{2}$ sc.

" " " B ↑ $4\frac{1}{4}$ " wiederholt ↑ 4 sc. $\frac{B-A}{B} = \frac{3}{8}$

Entwickelt ↑ W 20, c 460 = 0,0357 Dan. (Zuwachs 0,0413 Dan.)

Es ergiebt sich

$n = 1320$	$tn = 0,0064$ also	$t = 0,0034$
$n_1 = 1313$	$tn_1 = 0,0047$	$s = 0,0017$
$n_2 = 1322$	$tn_2 = 0,0030$	$v = 0,0013$

also $E = 0,00169$ Sec.

---

e stehen. — Der Compensator ist graduirt für eine grössere Anzahl von W-Werthen; ich kann dies sehr empfehlen, weil man so im Stande ist, für jeden Fall sich von den Enden des Compensatordrahts, wo die Fehler am grössten sind, fernzuhalten. Die Einschaltung grosser Widerstände W hat ausserdem den unschätzbaren Vortheil, dass der Widerstand der Kette gegen sie verschwindet, so dass ihr Füllungszustand auf die Graduationsconstante keinen irgend merklichen Einfluss hat, Revisionen also viel seltner nöthig sind. — Ohne allen Grund hat Steiner kürzlich (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 412) die Vermuthung ausgesprochen, dass ich mich Grennet'scher Elemente zum Compensiren bediene, was wegen ihrer Inconstanz ein grosser Fehler wäre. Meine Vorrichtung war immer die hier beschriebene.

Versuch 4. n = 1320.

Ruhestrom ↑ cp. W 200, c 250 = 0,0024 Dan.

Ablenkung in Versuch A ↑ 2½—3.

" " B ↑ 4½, wiederholt ↑ 5 sc. $\frac{B-A}{B}=\frac{2}{5}$

Entwickelt ↑ W 20, c 770 = 0,0598 Dan. (Entw. Zuwachs 0,0574 Dan.)

Es ergiebt sich

$n = 1320$	$tn = 0,0034$ also	$t = 0,0034$
$n_1 = 1305$	$tn_1 = 0,0063$	$s = v = 0,0029$
$n_2 = 1320$	$tn_2 = 0,0034$	

also E = 0,00281 Sec.

Versuch 5. n = 1320.

Ruhestrom ↓ cp. W 1000, c 555 = 0,0011 Dan.

Ablenkung in Versuch A ↑ 3.

" " B ↑ 5, wiederholt ↑ 4½. $\frac{B-A}{B}=\frac{2}{5}$

Entwickelt ↑ W 20, c 570 = 0,0442 Dan. (Zuwachs 0,0453 Dan.)

Es ergiebt sich

$n = 1320$	$tn = 0,0034$ also	$t = 0,0034$
$n_1 = 1307$	$tn_1 = 0,0059$	$s = 0,0027$
$n_2 = 1321$	$tn_2 = 0,0032$	$v = 0,0025$

also E = 0,00251 Sec.

Versuch 6. n = 1325.

Ruhestrom ↑ cp. W 200, c 575 = 0,0056 Dan.

Ablenkung in Versuch A ↑ 3

" " " B ↑ 5, wiederholt ↑ 4, ↑ 5. $\frac{B-A}{B}=\frac{2}{5}$

Entwickelt ↑ W 20, c 645 = 0,0501 Dan. (Zuwachs 0,0445 Dan.)

Es ergiebt sich

$n = 1325$	$tn = 0,0024$ also	$t = 0,0024$
$n_1 = 1315$	$tn_1 = 0,0043$	$s = v = 0,0019$
$n_2 = 1325$	$tn_2 = 0,0024$	

also E = 0,00191 Sec.

Alle Versuche ohne Ausnahme ergeben eine Entwicklungszeit E, deren Werth im Ganzen zwischen 0,0016 und 0,0033 Secunden schwankte; jedoch lagen bei weitem die meisten Resultate zwischen 0,0018 und 0,0030 Secunden. Der Mittelwerth aller vollkommen numerisch durchgeführten Versuche lag sehr nahe bei 0,0025 = $^1/_{400}$ Secunde. Schon oben ist auseinandergesetzt, warum die für E gefundenen Werthe als zu gross zu betrachten sind. Andrerseits giebt es aber vielleicht auch Umstände, welche verkleinernd wirken. Vor allem ist vielleicht der Muskelstrom unmittelbar nach seiner

Entwicklung am stärksten, und nimmt dann schnell ab; wenn dies so ist, so ist der Ausschlag in A vergleichsweise begünstigt, weil an ihm die allererste Zeit des Stromes Antheil hat.

Eine ziemliche Anzahl von Versuchen wurde an vorher in Eis aufbewahrten, also nach du Bois-Reymond stark parelectronomischen Fröschen angestellt. Der Werth von E lag hier ganz in denselben Grenzen wie bei gewöhnlichen Fröschen, so dass also der sog. „parelectronomische Zustand" von keinem merklichen Einfluss auf die Entwicklungszeit ist [1]).

Anders dagegen verhält sich der Einfluss der Kälte während des Versuchs. Um Wiedererwärmung während der Aufspannung und Einstellung zu vermeiden, spannte ich den Muskel zuerst auf den Träger, verband ihn wie gewöhnlich mit den Electroden, und legte dann den Muskelträger in eine aus Eisstücken aufgebaute Kammer, in welcher der Muskel in eine eigens ausgeschnittene Eisfurche so hineinragte, dass er in grösserer Ausdehnung um nur wenige Millimeter von Eisflächen abstand, ohne aber jemals solche direct zu berühren. Nach längerer Zeit wurde dann der Versuch am Rheotom möglichst schnell ausgeführt. Ich führe einige dieser Versuche an:

Versuch 1. n = 1310. Abkühlung.

Ruhestrom ↑ W 500, c 800 = 0,0031 Dan.

Ablenkung A ↑ 2½

„ B ↑ 6, wiederholt 6. $\frac{B-A}{B} = \frac{7}{12}$

Entwickelt ↑ W 20, c 480 = 0,0372 Dan. (Zuwachs 0,0341 Dan.)

$n = 1310$	$tn = 0{,}0053$ also	$t = 0{,}0053$
$n_1 = 1298$	$tn_1 = 0{,}0077$	$s = 0{,}0030$
$n_2 = 1313$	$tn_2 = 0{,}0047$	$v = 0{,}0024$

also E = 0,00400 Sec.

Versuch 2. n = 1310. Abkühlung.

Ruhestrom ↑ W 100, c 410 = 0,0077 Dan.

Ablenkung A ↑ 2½—3

„ B ↑ 5½, wiederholt 6. $\frac{B-A}{B} = \frac{1}{2}$

Entwickelt ↑ W 20, c 765 = 0,0594 Dan. (Zuwachs 0,0517 Dan.)

---

1) Auf die angebliche Parelectronomie durch Kälte werde ich unten zurückkommen.

$n = 1310$	$tn = 0{,}0053$ also	$t = 0{,}0053$
$n_1 = 1297$	$tn_1 = 0{,}0079$	$s = 0{,}0032$
$n_2 = 1318$	$tn_2 = 0{,}0047$	$v = 0{,}0026$

Also E = 0,00365 Sec.

Versuch 3. n = 1310. Der Parallelmuskel des vorigen, ohne Abkühlung.

Ruhestrom ↑ W 200, c 985 = 0,0096 Dan.

Ablenkung A ↑ 6

„ B ↑ 7, wiederholt 7. $\frac{B-A}{B} = \frac{1}{7}$

Entwickelt ↑ W 20, c 860 = 0,0667 Dan. (Zuwachs, 0,0571 Dan.)

$n = 1310$	$tn = 0{,}0053$ also	$t = 0{,}0053$
$n_1 = 1296$	$tn_1 = 0{,}0081$	$s = 0{,}0030$
$n_2 = 1311$	$tn_2 = 0{,}0051$	$v = 0{,}0028$

Also E = 0,00206 Sec.

Versuch 4. n = 1320. Abkühlung.

Ruhestrom ↓ W 500, c 340 = 0,0013 Dan.

Ablenkung A ↑ 2

„ B ↑ 6, wiederholt 6. $\frac{B-A}{B} = \frac{2}{3}$

Entwickelt ↑ W 20, c 930 = 0,0722 Dan. (Zuwachs 0,0735 D.)

$n = 1320$	$tn = 0{,}0034$ also	$t = 0{,}0034$
$n_1 = 1304$	$tn_1 = 0{,}0065$	$s = 0{,}0037$
$n_2 = 1323$	$tn_2 = 0{,}0028$	$v = 0{,}0031$

Also E = 0,00352 Sec.

Das unzweifelhafte Resultat dieser Versuche ist, dass Kälte die Entwicklungszeit verlängert.

Nach dem oben S. 208 Gesagten ist die »reducirte Entwicklungszeit« E nur eine vorläufige Reduction complicirterer Zeitabläufe. Das directe Resultat unsrer Versuche beweist zunächst nur, dass der Muskelstrom nach dem Anlegen des Querschnitts nicht sogleich in voller Stärke vorhanden ist; mit unsrem Resultat ist vereinbar sowohl eine Entwicklung von dem Verlauf aefc in Figur 6, als auch jede andere Entwicklung, deren Curve mit der Abscisse und einer in die Zeit nach der Vollendung fallenden Ordinate einen gleichen Flächenraum einschliesst. Unzweifelhaft ist die Entwicklung nicht, wie wir vorläufig substituirt haben, ein plötzlicher, sondern ein allmählicher Vorgang, etwa von der Form abc in Fig. 6, und wir können deshalb annehmen, dass die wirkliche Dauer des Entwicklungsvorgangs, welche der Abscisse ag in Fig. 6 entspricht, grösser ist als die reducirte Entwicklungszeit E, also grösser als

$^1/_{100}$ Secunde. Unser Verfahren erfordert deshalb eine entsprechend grosse Boussolschlussdauer, und die niedrigste zulässige Zügelstellung ist deshalb 1325; sicherer aber ist es, sich in dem Bereich von 1310—1320 zu halten, wie es auch geschehen ist. In diesem Umstande liegt auch der Grund, weshalb das bisher beschriebene Verfahren die Frage nicht entscheiden kann, ob die Entwicklung schon im Momente der Verletzung beginnt, oder ein sog. »Latenzstadium« a b (Fig. 6) hat; — eine Frage übrigens, die im Vergleich zu der, ob überhaupt eine Entwicklungsperiode existirt, nur secundäres Interesse hat. Zur Entscheidung dieser Frage müsste nämlich der Versuch so eingerichtet sein, dass in A, falls eine Latenzzeit existirt, gar kein Ausschlag erfolgt, d. h. die Schliessung des Boussolkreises müsste im Moment der Verletzung der ersten Faser und die Oeffnung vor Beendigung ihrer Latenzzeit erfolgen; in diesem Falle ist aber, da nur ein kleiner Bruchtheil des Muskels zur Wirkung kommt, auch in Versuch B kein Ausschlag zu erwarten, der Versuch also unausführbar. Lässt man die Oeffnung des Boussolkreises vor der oben als nothwendig bezeichneten Grenze (Vollendung der ganzen Entwicklung) eintreten, geht man also mit der Zügelstellung immer weiter herunter, so gelangt man zu Versuchen, wo in A kein Ausschlag mehr erfolgt, wohl aber noch in B ein deutlicher. Dies erklärt sich leicht, wenn man in Fig. 7 sich die Ordinate $o\,\pi$ immer weiter nach vorn geschoben denkt. Dieser Art waren die in meiner vorläufigen Mittheilung 1875 besprochenen Versuche; die Deutung derselben im Sinne der Latenzzeit war nach den vorstehenden Erörterungen unrichtig; vielmehr bewiesen sie nur die Existenz einer Entwicklungszeit.

Das Abstreifen der Achillesaponeurose ist mit einer mechanischen Erregung des Muskels verbunden, welche sich jedesmal durch eine Zuckung zu erkennen giebt (dieselbe wurde in sehr vielen Versuchen durch einen Assistenten eigens beobachtet). Ehe deshalb das Fehlen des Muskelstromes unmittelbar nach der Verletzung für die Präexistenzfrage verwerthet wird, muss die naheliegende Frage entschieden werden, ob es nicht von einer blossen Verdeckung des Muskelstromes durch eine negative Schwankung herrührt, ob nicht der Strom gleichsam mit seiner negativen Schwankung beginnt.

Aus der Proportionalität des Zeitintervalls zwischen Reizmoment und Schwankungsbeginn mit dem Längenabstand zwischen Reizstelle

und Ableitungsstelle geht hervor, dass die negative Schwankung des Muskelstroms unmittelbar im Moment der Reizung anhebt [1]). Von dieser Seite her hat also eine initiale Schwankung des Muskelstromes keine Schwierigkeit.

Wie aber müsste sich die Einwirkung der Schwankung nach unsern jetzigen Kenntnissen gestalten? Das direct gereizte untere Ende jeder Faser geräth momentan nach Abreissung ihrer sog. parelectronomischen Schicht in den Zustand negativer Schwankung, d. h. wird negativ wirksam gegen den Rest der Faser. An der durch das Abreissen der parelectronomischen Schicht erzeugten aufsteigenden Wirksamkeit wird natürlich dadurch, dass die Molekeln der erregten Strecke schwächer wirksam sind als die ruhenden, nichts geändert (die electromotorische Fläche würde, wenn sie ganz wirkungslos wären, statt am Faserende etwas von demselben entfernt liegen). Ueberhaupt kann, da nach Bernstein und du Bois-Reymond [2]) die Kraft der Molekeln durch die Erregung immer nur geschwächt, nie umgekehrt wird, selbst nach dem Anlangen der Welle am oberen parelectronomischen Faserende der aufsteigende Strom nie aufgehoben, sondern nur geschwächt sein. Nach Allem, was wir bis jetzt wissen oder zu wissen glauben, würde also der Einfluss der Erregung nur darin bestehen können, dass der entwickelte Muskelstrom jeder Faser so lange in voller Stärke bestehen bleibt, bis die Erregungswelle am oberen Faserende angelangt ist (d. h. etwa $^1/_{300}$ Sec., bei 1 cm. Faserlänge), und dann eine vorübergehende Schwächung erleidet, die etwa $^1/_{400}$ Sec. (nach Bernstein die Dauer der Schwankung), erst zunehmend dann abnehmend anhält. Da aber in der Mehrzahl unsrer Versuche die Oeffnung des Boussolkreises 0,0034 Sec. (n = 1320) nach der Schliessung und (v + t) 0,0047—0,0060 Sec. nach der Verletzung der ersten Faser erfolgt, so könnte allerdings ein kleiner Theil der Schwankung noch in die Schlusszeit fallen. In Fig. 8 sei wieder $\alpha\beta$ die Streifzeit v, δ der Moment, wo die erste Faser, indem die Erregung an ihrem oberen Ende anlangt, ihre Schwankung beginnt, und ε das Ende dieser Schwankung (wir nehmen den thatsächlichen Verhältnissen entsprechend an: $\alpha\beta = {}^1/_{500}$, $\alpha\delta = {}^1/_{300}$, $\delta\varepsilon = {}^1/_{400}$ Sec.),

1) Vgl. Bernstein, Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. Heidelberg 1871. p. 58.

2) Vgl. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. p. 646 ff.

so muss die Schwankung aller successive angerissenen Fasern zwischen die Linien $\delta\zeta$ und $\varepsilon\eta$ fallen. Mit Rücksicht darauf, dass der Strom jeder Faser durch die Schwankung nur auf ein Bruchtheil, etwa die Hälfte sinkt, ergiebt sich durch Superposition aller einzelnen, schräg übereinandergeschobenen Schwankungscurven etwa die allgemeine Schwankungscurve $\vartheta\varkappa\eta$, d. h. der zeitliche Verlauf des Gesammtstroms wird durch die Ordinaten der Curve $\alpha\gamma\vartheta\varkappa\eta\sigma$ dargestellt, wenn keine Entwicklungszeit vorhanden ist. Die Schliessung des Boussolkreises fällt in den Moment ξ, die Oeffnung fällt in unsern Versuchen mit n = 1320 etwa in den Moment τ, so dass die Ablenkung A durch die Fläche $\xi\varrho\vartheta\psi\tau$, die Ablenkung B durch die Fläche $\xi\varrho\varphi\tau$ dargestellt wird, so dass also eine gewisse, allerdings geringe Differenz zwischen A und B durch die blosse Schwankung erklärbar wäre. Aber man sieht sofort, dass unter diesen Umständen die Differenz zwischen A und B um so grösser sein müsste, je später die Oeffnung erfolgt. Fiele die Oeffnung schon $^1/_{800}$ Sec. nach dem Beginn des Streifens, also etwa 0,0013 Sec. nach der Schliessung, d. h. n = 1330, so müssten die Ablenkungen A und B gradezu gleich sein.

Ich besitze nun viele Versuche mit so niedrigem Zügelstand, aber in allen ohne Ausnahme ist die Ablenkung A fast Null oder Null, die Ablenkung B beträchtlich grösser. Es ist also unmöglich das Resultat unsrer Versuche durch Erregungsschwankung des Muskels zu erklären.

Diese Erklärung habe ich noch auf einem andern Wege experimentell auszuschliessen versucht. Der absteigende Strom nämlich, den die Erregung hervorbringt, müsste eine dem Versuch A analoge Schwächung des Ausschlages bewirken, wenn man den Gastrocnemius mit schon entwickeltem unteren Strom in genau derselben Weise wie in Versuch A reizt.

Zur Entwicklung des unteren Stroms benutzte ich entweder das Abreiben der Sehnenhaut mit Fischhaut oder die Aetzung mit Froschhautsecret; hierzu wickelt man am besten den Muskel in ein Stück Froschhaut ein, die Aussenfläche nach innen, und lässt ihn etwa 10 Minuten liegen. Aetzung mit Silberlösung, überhaupt mit stärkeren Aetzmitteln, ist zwar hinsichtlich der entwickelten Kraft viel wirksamer, aber der entwickelte Strom zeigt beständige Schwankungen, so dass er sich nicht genau compensirt halten lässt. Auch lag mir daran denjenigen Entwicklungsgrad zu treffen, den der

Rheotomversuch gewöhnlich macht (etwa 0,05—0,07 Daniell). — Der entwickelte Muskel wird wie die andern behandelt, sein Strom compensirt und nun an ihm Versuch A und B angestellt. Die Ablenkung ist in der grössen Mehrzahl der Fälle in beiden Versuchen 0. Zuweilen ergiebt Versuch B eine äusserst schwache meist aufsteigende, sehr selten absteigende Ablenkung (weniger als 1 Sc.); in diesen Fällen findet man ohne Ausnahme, dass die Kraft des Stromes durch den mechanischen Eingriff in Versuch A entsprechend verändert worden ist, und zwar vergrössert, resp. (sehr selten) verkleinert. Nie aber zeigt sich, wie man nach obigem hätte erwarten müssen, in Versuch A eine absteigende Ablenkung, während in B die Scala auf Null blieb. Also die mechanische Läsion des geätzten Sehnenspiegels (resp. der ihm parallelen Fläche am schon mechanisch entwickelten Muskel) ist nicht von einer absteigenden Kraft begleitet.

Ich führe auch von diesen Versuchen, die in grosser Zahl angestellt wurden, ein Paar Beispiele an.

Versuch 1. n = 1320. Sehnenspiegel mit Fischhaut abgerieben.

Strom ↑ cp. W 20, c 854 = 0,0663 Dan.

Ablenkung in Versuch A 0

„ „ „ B 0

Strom nach dem Versuch ↑ W 20, c 879 = 0,0682 Dan. (Zuwachs 0,0019 D.)

Versuch 2. Sehnenspiegel mit Froschhaut angeätzt.

Strom ↑ W 20, c 938 = 0,0728 Dan.

Ablenkung in Versuch A 0

„ „ „ B 0

Strom nach dem Versuch ↑ W 20, c 950 = 0,0737 Dan. (Zuwachs 0,0009 D.)

Durch diese Versuche ist wohl jeder Zweifel beseitigt, dass der Unterschied der Ablenkungen in A und B auf Nicht-Präexistenz des electrischen Gegensatzes im Muskel beruht. Die Zeit, welche der Muskelstrom zu seiner Entwicklung braucht, beträgt, auf plötzliche Entwicklung reducirt (vgl. oben S. 208) bei gewöhnlicher Temperatur etwa $^1/_{400}$ Secunde. Da die Entwicklung höchst wahrscheinlich nicht plötzlich geschieht, so ist zu vermuthen (vgl. Fig. 6), dass die wirkliche Entwicklungsperiode den angegebenen Betrag überschreitet. Jedoch reicht die Methode nicht aus, um den zeitlichen Verlauf des Entwicklungsvorgangs festzustellen.

IX. Versuche mit querer Durchquetschung parallelfasriger Muskeln.

Die letzterwähnte Aufgabe hoffte ich erfüllen zu können durch Einführung eines neuen Verfahrens. Da sich bei der Entwicklung durch die eine längere Zeit erfordernde[1]) Abstreifung der Achillesaponeurose die Vorgänge in den successive angerissenen Fasern zeitlich über einander verschoben superponiren, so konnte schon die reducirte Entwicklungszeit nur mittelbar durch Rechnung festgestellt, der zeitliche Verlauf der Entwicklung aber nicht näher untersucht werden. Eine unmittelbarere und leistungsfähigere Methode aber schien mir gewonnen, wenn es gelang, sämmtliche Fasern eines Muskels momentan zu durchquetschen, und zwar während von der durchquetschten Stelle beständig abgeleitet wurde.

Der einfache Apparat, welcher hierzu diente, ist in Figur 9, 10 und 11 in halber natürlicher Grösse abgebildet. Das Messingstück 𝔐, welches mit einem longitudinalen Schlitz versehen ist, wird mittels eines auf das Geleise U des Fallrheotoms passenden Ausschnitts (entsprechend demjenigen im Futter V des Muskelträgers) und mittels der Pressschraube W am Zügel des Fallrheotoms an Stelle des Muskelträgers befestigt. Auf der Platte 𝔐 ist die läng-

---

1) Um die Streifzeit am Gastrocnemius zu verkürzen müsste man die Geschwindigkeit des Fischhautträgers vergrössern. Den Fallapparat noch weiter zu erhöhen ist unthunlich; ebenso würde es grosse Schwierigkeiten haben ein schnell rotirendes Rad zu benutzen. Im Sommer 1876 habe ich sehr viel Zeit und Mühe darauf verwandt, die Schwierigkeit durch Improvisirung eines Schuss-Rheotoms zu beseitigen. Der Fallapparat wurde horizontal gelegt, und an einem Ende eine Flobert'sche Zimmerpistole solid befestigt, deren Kugel (9 mm.) den Muskel genau streifte und unmittelbar darauf einen Nebenschliessdraht, am Ende der Bahn einen Schliessdraht durchschoss. Um die Kugelgeschwindigkeit in jedem einzelnen Versuch zu bestimmen, wurde die Kugel in einem am Myographionpendel (als ballistisches Pendel) angebrachten Wergkasten aufgefangen, und die Elongation durch eine sehr einfache Vorrichtung graphisch notirt. Nach Ueberwindung zahlreicher Schwierigkeiten ging das Verfahren, dessen Details ich nicht anführe, recht gut, indess leistete es nicht mehr als das Fall-Rheotom. Höchstens mag es interessiren, dass bei diesen sehr zahlreichen Versuchen die Entwicklung am Gastrocnemius von unten nach oben fortschritt, und trotzdem die gleichen Resultate wie sonst sich ergeben; für gewisse an die letztbesprochene Frage und das S. 210 Gesagte anknüpfende Betrachtungen ist das nicht ohne Interesse.

liche L-förmige Platte 𝔓 mittels des Stiftes 𝔖 und der Pressschraube 𝔖, welche beide im Schlitz gehen, vertical zu verschieben und festzustellen. Das Querstück der Platte 𝔓 trägt den Ebonitklotz 𝔈; auf diesen sind zwei kleine, mit Drahtlöchern versehene Messingklötze m und m' aufgeschraubt und auf jedem derselben eine etwas kürzere und schmälere Zinkplatte n (n') aufgelöthet. Ein Elfenbeinrahmen o (o') bildet, die Zinkplatte umfassend und über dieselbe überstehend, auf den Messingklotz aufgekittet, einen kleinen Trog, dessen Boden also aus Zink besteht. Die zinkene Bodenfläche des Troges ist amalgamirt. Hinter diesen beiden Trögen ist an den Ebonitklotz die Messingplatte q angeschraubt, welche die obere Klotzfläche um 20 mm. überragt, und an der oberen Kante durch ein Charnier mit der deckelartigen Messingplatte r verbunden, die den Ebonitklotz nach vorn überragt. An der Platte r hängen in den kleinen Charnieren s (s') die zwei Elfenbeinklötzchen t (t'), welche genau auf die Tröge n o passen. Der Raum der Tröge wird mit genau hineinpassenden rechteckigen Waschlederstücken p (p') ausgefüllt; das unterste ist mit gesättigter Zinksulphatlösung, das oder die beiden oberen mit 0,6procentiger Kochsalzlösung getränkt. Die Oberfläche des Ebonitklotzes ist bis zur Höhe der oberen Trogflächen mit einem Korklager bedeckt, in welchem die Trogräume ausgespart sind, und welches aus drei Stücken (die Fugen in Fig. 11 angedeutet) zusammengesetzt ist.

Wenn ein Muskel auf der durch die Trogoberflächen und die Korkfläche gebildeten Ebene gelagert, und der Deckel r mit den Elfenbeinklötzen t aufgelegt ist, so wird die Muskel an zwei Stellen zwischen den Trögchen und den Klötzchen sanft comprimirt. Ausser dem Gewichte des Deckels wirkt noch sichernd das Kautschukbändchen w, dessen unteres Ende über einen Dorn gesteckt ist; der Hauptzweck desselben ist, nach der Quetschung einen elastischen Rückprall des Deckels, welcher den Muskel verlagern könnte, zu verhindern. Die Tröge mit ihrer Füllung stellen zwei unpolarisirbare Electroden dar, die von den beiden Muskelstellen zur Boussole ableiten, und von deren Unpolarisirbarkeit jeder Versuch Zeugniss ablegt. Auf diesen Electroden selbst wird nun der Muskel in einem genau angebbaren Momente zerquetscht. Der Apparat wird nämlich in angegebener Weise auf dem Schieber des Fallrheotoms befestigt, und am Schlitten U desselben der Fallbahn soweit genähert, dass der vordere Rand des Deckels r dicht vor derselben schwebt, aber

nicht vom Fallklotz erfasst wird. Auf den Fallklotz wird der messingene Aufsatz ŋ aufgesetzt, der mit einer Abschrägung in einem Einschnitt der oberen Fallklotzfläche (in Fig. 4 angegeben) ruht und gegen seitliche Verschiebung durch seitliche Ueberstände geschützt ist; ein Kautschukring drückt ihn endlich leicht an den Fallklotz an. Beim Fall wird der Aufsatz von der Platte r aufgehalten, während der Fallklotz selbst seinen Fall wie gewöhnlich vollendet; der Aufsatz fällt über ihn hinweg und wird in einem Netz aufgefangen. Durch den Auffall von ŋ auf r wird der Muskel plötzlich zerquetscht. Durch Einstellung der Platte 𝔓 auf 𝔐 wird bewirkt, dass die Zerquetschung unmittelbar vor der Schliessung des Contacts X erfolgt. Im Uebrigen sind die Verbindungen ganz wie bei der ersten Versuchsreihe, d. h. in den Boussolkreis sind eingeschaltet: Muskel, Compensator, Schliesscontact X und Oeffnungscontact O.

Als Muskeln wurden meist beide Sartorii zusammen, oder ein Semimembranosus benutzt, zuweilen auch ein Gracilis von kleineren Fröschen. Der Leser wird schon bemerkt haben, dass die zweite, parallele Quetschvorrichtung zu dem Zwecke angebracht wurde, um auch an der indifferenten Electrode die Quetschung und Erschütterung zu haben und dadurch eine Anzahl Fehlerquellen zu beseitigen. Meist wurde der Muskel (𝔳 in den Figuren) so angebracht, dass er den einen Trog (𝔬′) quer überbrückte und dann von der Richtung zum andern Trog seitlich abbog; in dieser Lage wird er, wie in Fig. 12 sichtbar, durch eine Anzahl Igelstachelspitzen auf dem Korklager befestigt. Die Ableitung zum andern Trog geschah anfangs durch ein starres Muskelstück (u), dem später, wegen der anätzenden Eigenschaften desselben, ein gleichgestaltetes mit 0,6procentiger Kochsalzlösung getränktes Waschlederstück substituirt wurde, das, ebenfalls durch Igelstacheln festgesteckt, den zweiten Trog überbrückt. Zu bemerken ist noch, dass die Messingplatten 𝔓 und q auf der dem Muskel zugewandten Fläche mit Glimmerblättern bedeckt sind, ferner dass es sich zweckmässig erwiesen hat, ein kleines Kochsalzlederstückchen, das die ganze Trogfläche (incl. Elfenbeinrand) bedeckt, unter dem Muskel auf den Trog zu legen, weil sonst leicht durch schneidende Wirkung der Elfenbeinränder ein Stück aus dem Muskel ausgestanzt wird. — Die Versuche bestehen wieder aus Versuch A mit Quetschung des Muskels, und Versuch B, bei welchem der schon entwickelte Muskelstrom für die gleiche Zeit-

dauer wie in Versuch A abgeleitet wird; Versuch B kann beliebig oft wiederholt werden. Um einen etwaigen Einfluss der Erschütterung auf die Differenz zwischen den Resultaten in A und B zu eliminiren, liess ich zuweilen auch im Versuch B den Aufsatz ŋ auf die Platte r aufschlagen; dies änderte an dem Resultate Nichts.

Auch bei diesen Versuchen nun ergab ausnahmslos Versuch B einen grösseren Ausschlag als Versuch A. Ich führe einige Beispiele an:

Versuch 1. Kleiner Semimembranosus, von zwei Längsschnittpuncten abgeleitet. n = 1325. (Schlusszeit 0,0024 Sec.)

Ruhestrom ↓ [1]), compensirt durch W 100, c 880 = 0,0165 D.

Ablenkung in Versuch A ↓ 1 sc.

" " " B ↓ $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$.

Der entwickelte Strom ↓, compensirt durch W 20, c 545 = 0,0423 D. (Zuwachs 0,0258 D.)

Versuch 2. Beide Sartorii. n = 1325. (Schlusszeit 0,0024 Sec.)

Ruhestrom ↓, cp. W 200, c 445 = 0,0043 D.

Ablenkung in A ↓ $1\frac{3}{4}$ sc.

" " B ↓ $2\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$, mit Auffall $2\frac{3}{4}$.

Der entwickelte Strom ↓ cp. W 20, c 550 = 0,0427 D. (Zuwachs 0,0384 D.)

Versuch 3. Beide Sartorii. n = 1325. (Schlusszeit 0,0024 Sec.)

Ruhestrom 0.

Ablenkung in A ↑ 2

" " B ↑ $3\frac{1}{4}$, $3\frac{3}{4}$.

Entwickelter Strom ↑ W 20, c 415 = 0,0322 D. (Zuwachs 0,0322 D.)

Versuch 4. Semimembranosus. n = 1330 (Schlusszeit 0,0014 Sec.)

Ruhestrom ↑ W 500, c 340 = 0,0018 D.

Ablenkung in A ↑ $\frac{3}{4}$—1

" " B ↑ 2, 2, mit Auffall $1\frac{3}{4}$.

Entwickelter Strom ↑ W 20, c 485 = 0,0376 D. (Zuwachs 0,0363 D.)

Versuch 5. Sartorii. n = 1330. (Schlusszeit 0,0014 Sec.)

Ruhestrom ↓ W 200, c 410 = 0,0040 D.

Ablenkung in A ↑ $\frac{3}{4}$

" " B ↑ $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{2}$; mit Auffall $1\frac{3}{4}$.

Entwickelter Strom ↑ W 20, c 540 = 0,0419 D. (Zuwachs 0,0459 D.)

Versuch 6. Semimembranosus. n = 1310. (Schlusszeit 0,0058 Sec.)

Ruhestrom ↑ W 200, c 865 = 0,0084 D.

---

1) Als ↑ ist bezeichnet wenn der Strom im Muskel von s' nach s gerichtet ist. Aus den Richtungen nach der Quetschung sieht man, dass in Versuch 1 und 2 der lebende Muskel auf s, in den übrigen auf s' lag und gequetscht wurde.

Ablenkung in A ↑ $6\frac{1}{3}$.

" " B ↑ 7, $7\frac{1}{4}$, $7\frac{1}{4}$; mit Auffall $7\frac{1}{4}$.

Entwickelter Strom ↑ W 20, c 570 = 0,0442 D. (Zuwachs 0,0358 D.)

Das Dasein einer Entwicklungsperiode wird zunächst durch diese Versuche, wegen des Wegfalls der Streifzeit, womöglich noch unmittelbarer dargethan, als durch die früheren. Der Einwand, dass die Differenz der Ablenkungen in A und B von einer Erregungsschwankung herrühre, ist hier auf den ersten Blick als unzulässig zu erkennen. Es unterliegt bei diesem Verfahren nicht dem mindesten Zweifel, dass die Erregungswelle von der Quetschstelle des lebenden Muskels ausgeht, also im Moment ihres Entstehens einen dem Muskelstrom gleichsinnigen, wenn nicht mit ihm identischen Strom hervorbringt. Beim Ablauf ist die Welle wirkungslos, bis sie das andere abgeleitete Längsschnittende erreicht[1]; da dies aber immer mindestens 1,5 cm. entfernt war, so konnte eine negative

---

1) Bei den Muskeln mit Inscriptio tendinea (Gracilis, Semimembranosus) wurde darauf geachtet, dass dieselbe nicht zwischen die Ableitungsstellen zu liegen kam. — Ich hatte die Kühnheit in diesen Inscriptionen eine früher unbemerkte Fehlerquelle bei den Untersuchungen des Herrn Bernstein über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Muskelcontraction aufzudecken. Hierfür bestraft mich neuerdings du Bois-Reymond (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 354) dadurch, dass er — nicht etwa Herrn Bernstein, der die Inscriptionen gar nicht gesehen hatte, sondern — allen Ernstes mir den Vorwurf macht, „die Augen" nicht „aufgemacht" zu haben, weil, wie er jetzt findet, der Semimembranosus nicht ganz, sondern nur zu zwei Dritteln von der Inscriptio durchsetzt ist. In der That hatte ich die Ansicht Ecker's, der von beiden Muskeln die Vermuthung ausspricht, dass die Inscriptio ganz hindurchgeht, nur am Gracilis durch directe Versuche bestätigt (dies Arch. X. p. 54. Anm. 2), und war also nicht berechtigt sie auch am Semimembranosus für zutreffend zu halten. Das Ausrufungszeichen, das du Bois-Reymond so sehr tadelt, bezog sich, wie ein Unbefangener sofort sieht, nicht auf die Vollständigkeit der Faserunterbrechung, sondern auf das Missgeschick des Herrn Bernstein, dass gerade seine beiden Versuchsmuskeln eine heimliche Inscriptio hatten. Wenn auch nun Herr B., um mit du Bois-Reymond zu sprechen (vgl. a. a. O. p. 364) „das Glück" gehabt hat, dass letzterer von der angewandten Muskelmasse etwa ein Achtel oder Neuntel als nicht unterbrochen nachwies, so wird damit doch, trotz der von du Bois-Reymond urgirten passiven Faltung der übrigen acht Neuntel, nichts daran geändert, dass die Gruppe Gracilis und Semimembranosus für Versuche über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Muskelcontraction das denkbar schlechteste Object ist.

Schwankung frühestens in 0,0050 Sec. beginnen. Da aber in weitaus den meisten Versuchen die Schlusszeit diesen Betrag überhaupt bei weitem nicht erreichte, so kann von jener Erklärung nicht entfernt die Rede sein.

Ueber den zeitlichen Verlauf geben auch diese Versuche nur wenig Aufschluss, aber doch immerhin einige Anhaltspuncte. Denkt man sich in Figur 6 die Abscisse a g in eine Anzahl Theile getheilt und die zugehörigen Ordinaten bis zur Höhe der Linie f d verlängert, so ergiebt sich aus der Betrachtung der den Ablenkungen A und B entsprechenden Flächenräume, dass, falls eine allmähliche Entwicklung, vielleicht von der Art der Curve abc existirt, die Werthe $\frac{B-A}{B}$ um so kleiner werden müssen, je länger die Schlusszeit wird. Das Dasein einer Latenzzeit a b würde ferner erwiesen sein, wenn für sehr kurze Schlusszeiten $\frac{B-A}{B}$ den Werth 1 annähme (d. h. $A=0$ würde). Ersteres ergeben nun in der That ungefähr die Versuche, wie folgende Zusammenstellung aus den obigen Beispielen zeigt.

Versuchsnummer	Schlusszeit Sec.	$\frac{B-A}{B}$
4	0,0014	0,5–0,57
5	0,0014	0,57
1	0,0024	0,6
2	0,0024	0,36
3	0,0024	0,43—0,47
6	0,0053	0,10

Dagegen letzteres scheinen die Versuche zu verneinen. Bei $n=1330$ ($t=0,0014$ Sec.) hat A noch einen deutlichen Ausschlag; dies ist aber ungefähr der Grenzwerth, bei dem überhaupt noch beweiskräftige Versuche sich anstellen lassen. Geht die Schlusszeit auf $^1/_{1000}$ Sec. herab, so sind die Ablenkungen sowohl in A wie in B nicht mehr deutlich. Da also der höchste Werth von $\frac{B-A}{B}$ noch ziemlich von 1 entfernt ist, so ist das Dasein einer eigentlichen Latenzzeit sehr unwahrscheinlich. — Es braucht kaum ausdrücklich betont zu werden, dass auch diese Methode, obgleich wesentliche Fortschritte gegenüber der früheren bietend, zur genauen Feststellung des zeitlichen Verlaufes nicht ausreicht; man muss damit

zufrieden sein, dass, während wir bisher nur das Dasein der „reducirten Entwicklungszeit" erwiesen hatten, nunmehr eine allmähliche, im Moment der Verletzung beginnende Entwicklung erkannt ist.

Im Momente der mechanischen Verletzung des Muskels, entwickeln sich an der Verletzungsgrenze gleichzeitig zwei Processe: die vorübergehende Negativität der Erregung und die bleibende des künstlichen Querschnitts; die gefundene Entwicklungscurve gehört offenbar (wenn man von der Differenz der Grössen absieht) dem etwa voraneilenden Processe an, und wir wissen nicht, welcher von beiden es ist. Jedenfalls steht jetzt fest, dass alle beide Zeit zu ihrer Entwicklung brauchen. Höchstwahrscheinlich sind beide Entwicklungen identisch, d. h. die Substanz am Querschnitt wird schnell gegen den Rest negativ wirksam; ein Theil dieser Negativität[1]) pflanzt sich wellenartig durch die Länge der Faser fort, ein Theil bleibt am Querschnitt bestehen, und kriecht mit dem Absterbeprocess langsam vorwärts.

X. Rückblick auf die Präexistenzfrage.

Eine kurze Uebersicht der Argumente, welche die Präexistenz- und Moleculartheorie des Muskel- und Nervenstroms widerlegen, wird, der Zuversicht gegenüber, mit welcher die Verfechter dieser Lehre auftreten, gewiss am Platze sein.

Die Molecularhypothese wurde aufgestellt auf Grund eines thatsächlichen Irrthums. Durch Benetzung der Sehnenspiegel mit gesättigter Kochsalzlösung waren dieselben durchgehends in künstlichen Querschnitt verwandelt, und so entstand der Irrthum, auf welchem die ganze Theorie basirt, dass der natürliche Querschnitt die gleichen elektromotorischen Eigenschaften wie der künstliche besitze[2]).

Nach Erkenntniss der Unrichtigkeit dieses Satzes wurde nicht ein neuer Inductionsschluss auf die nunmehr bekannten That-

---

1) Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass im ersten Moment der entwickelte Strom gleichsam die Summe von Absterbe- und Erregungsstrom, stärker ist als später; vgl. oben p. 212. 213.

2) Dass du Bois-Reymond zur Zeit der Aufstellung seiner Theorie die „Parelectronomie noch nicht kannte", scheint nicht genügend beachtet zu werden; man ersieht dies aus seinen »Untersuchungen«; als eine neuere Belegstelle, in der er selbst darauf hindeutet, führe ich an: Arch. f. Anat. und Physiol. 1875. p. 612, Zeile 14.

sachen gegründet, sondern es wurde versucht die sorgfältig ausgearbeitete und liebgewonnene Theorie künstlich mit den neuen Thatsachen zu vereinigen. So entstand die Hypothese der parelectronomischen Molekelschicht am natürlichen Querschnitt.

Erleichtert wurde dies Unternehmen dadurch, dass der parelektronomische Zustand anfangs als etwas Ausnahmsweises, hauptsächlich durch Kälte Hervorgebrachtes erschien. Wenn auch alsbald dieser Zustand als an jedem Muskel vorhanden sich herausstellte, erschienen doch höhere Grade desselben, um die Stromlosigkeit herum, als nur dem Winterschlafzustande eigenthümlich.

Auch dies ist aber durchaus unrichtig. Ich zeigte im Jahre 1869, dass sorgfältig präparirte Gastrocnemien frisch eingefangener Frösche zwischen Achillessehne und Fleisch nur minimale, durchaus innerhalb der Fehlergrenzen liegende Wirkungen besitzen[1]. Neuerdings habe ich zu wiederholten Malen in der a. a. O. angegebenen Weise die Wirkungen von gewöhnlichen und von wochenlang im Eiskeller vergrabenen Fröschen verglichen, und dabei gefunden, dass beide in denselben Grenzen sich bewegen; es ist also unrichtig, dass Kälte[2] den »parelectronomischen Zustand« befördert, und somit auch alle auf jenen Irrthum basirte Erklärungen fallen zu lassen.

Hierzu ist neuerdings noch die Beobachtung Engelmann's gekommen, dass das unversehrte Herz völlig stromlos ist[3]; die Bedeutung dieser Thatsache wird man vergebens dadurch zu verringern suchen, dass man (ad hoc!) annimmt, die Herzmusculatur wende der Oberfläche nirgends (auch in der Atrioventricularfuge nicht!) natürliche Faserenden zu[4].

Den Gastrocnemius hält neuerdings du Bois-Reymond für ungeeignet zu Präexistenzversuchen, weil er zwei einander entgegenwirkende Sehnenspiegel besitzt[5]. Aber die annähernde Stromlosigkeit des Gastrocnemius, wenn von Achillessehne und Fleisch abgeleitet wird, der obere Spiegel also ungleich weniger zur Geltung

1) Dies Archiv III. p. 35 ff.

2) Wirkliches Gefrieren ist, da es die Fasern partiell zerstört, bei dieser Frage principiell auszuschliessen.

3) Utrechtsche Onderzoekingen, 3. reeks, III. p. 101.

4) du Bois-Reymond, im Arch. f. Anat. und Physiol. 1875. p. 635.

5) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. p. 588 ff.

kommt als der untere, wird dadurch in ihrer Bedeutung nicht geschwächt. du Bois-Reymond stützt heute seine Behauptungen über Präexistenz, Parelectronomie und Stromumkehr wesentlich auf Erfahrungen an Oberschenkelmuskeln. Ich muss aber die Aussagen dieser Versuche nach wie vor perhorresciren. Nach du Bois-Reymond selbst muss ein Muskel, um über das elektromotorische Verhalten seines einen natürlichen Endes etwas auszusagen, in seiner ganzen Länge bis zum anderen Ende hin, unversehrt sein. Ich behaupte nun, dass dies bei keinem einzigen Oberschenkelmuskel des Frosches möglich ist. Abgesehen von der fast unvermeidlichen Gefahr der Berührung mit Hautsecret (bekanntlich darf die Haut am Oberschenkel nicht in toto abgezogen, sondern muss nach longitudinaler Aufschlitzung abpräparirt werden), giebt es keinen Muskel am Oberschenkel, der nicht zu seiner vollständigen Isolirung zum mindesten an Einem Ende Zerrung oder Verletzung von Fasern erforderte. Bei Jedem ist entweder der eine Ursprung sehnenlos, oder ein Ursprung hat eine so kurze Sehne, dass sie ohne Zerrung oder Verletzung von Fasern nicht darstellbar ist, oder die Sehnen sind mit benachbarten Muskeln verwachsen, oder die Verwachsung mit anderen Muskeln oder Haut findet selbst im Bereich des Fleisches statt. Jede kleine Verletzung aber wird von den entstandenen künstlichen Querschnitten her eine irgendwie gerichtete Stromcomponente in den Boussolkreis senden, mag sie nun innerhalb oder ausserhalb der abgeleiteten Strecke liegen. Es ist mir deshalb unbegreiflich, wie man ernstlich von Wirkungen des unversehrten Gracilis, Sartorius etc. sprechen und auf diese einzige Basis ein Gebäude von so ungeheurem Umfange thürmen kann. Ich behaupte, dass die parelektronomische Stromumkehr, d. h. Positivität des natürlichen Querschnitts, ebensowenig erwiesen ist wie die Negativität desselben.

An unenthäuteten Thieren hat du Bois-Reymond, nach Zerstörung der von ihm entdeckten Hautströme mit Salzlösung, den ruhenden Muskelstrom nachzuweisen geglaubt; indess war er so sehr für die Präexistenz voreingenommen, dass ihm der nächstliegende Einwand entging[1]). Der auftretende Strom nämlich nimmt alsbald, wie er selber findet, durch Anätzung der Muskeln mit der eindringenden Salzlösung zu, der Versuch kann also unmöglich be-

---

1) Untersuchungen über thier. Electr. II. 2. p. 23 f., 178 f.; meine Untersuchungen Heft 3. p. 6.

weisen, dass ein Muskelstrom ohne Anätzung existirt. Ich zeigte später, wie man diese Fehlerquelle vermeiden kann, und dass in diesem Falle der Muskelstrom fehlt [1]). Ferner zeigte ich sein Fehlen an Fischen, die keinen Hautstrom besitzen [2]).

Allein gesetzt auch es wäre nicht wahrscheinlich, dass die schwachen Wirkungen anscheinend unversehrter Muskeln lediglich auf den unvermeidlichen Fehlerquellen kleiner Verletzungen, Temperaturungleichmässigkeiten u. dgl. beruhen, woher nimmt man das Recht, diese verschwindend kleinen, der Richtung nach inconstanten Wirkungen — die doch von ganz anderer Ordnung sind als die mächtigen regelmässigen Kräfte des künstlichen Querschnitts — mit aller Gewalt mit letzteren zu identificiren, bloss um behaupten zu können, die Differenz beruhe auf einer gesetzwidrigen Schicht am Faserende? Merkwürdigerweise hat gerade du Bois-Reymond selbst neuerdings der Vergleichung des natürlichen Faserendes mit dem künstlichen Querschnitt den letzten Rest von Berechtigung geraubt. Wenn seine neuesten Schlüsse richtig sind, so besitzt das Faserende electromotorische Residuen der anbrandenden Contractionswellen, es wäre während des Lebens in fortwährender elektromotorischer Veränderung begriffen [3]). Und aus dem Verhalten dieses

1) Untersuchungen Heft 3. p. 7 ff.; dies Arch. III. p. 15 ff., IV. p. 149 ff. Herrn H. Munk (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 200 f.) will ich in der Illusion nicht stören, dass seine Arbeit über den Muskelstrom am unenthäuteten Frosch etwas zur Stützung der Präexistenzlehre beigetragen habe, und dass mein Einwand, dass bei der angewandten Empfindlichkeit schon die Froschhaut trotz Aetzung oder Abkratzung nicht stromlos gewesen sein konnte, nur eine „phrasenhafte Erörterung" war. Der siegesstolze Ton, mit welchem Herr M. gegen mich auftritt, indem er meine „Irrlehre" als „schlagend widerlegt" ansieht, weil die Dionaea muscipula nach Burdon-Sanderson's Entdeckung am unversehrten Fliegenfängerblatte einen Ruhestrom zeigt (dann wäre ich auch schon durch die Froschhautströme und durch die des elektrischen Organs längst widerlegt), wird die Entscheidung einer wissenschaftlichen Frage, für deren Bedeutung ihm das Verständniss abgeht, schwerlich fördern. Dass Herr C. Sachs in einem Referat über die Munk'sche Arbeit in jenen voreiligen Siegesruf mit einstimmt (Deutsche med. Wochenschr. 1876. 7. Oct.), war mir weniger unangenehm als die am gleichen Orte vorkommende chauvinistische Geschmacklosigkeit, dass die gründlichere Verfolgung einer von einem Engländer gemachten Entdeckung »naturgemäss aus dem Schosse der Berliner electrischen Schule hervorging.«

2) Dies Archiv IV. p. 152 f.

3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 128 ff.

unbeständigen schwachen und schwer zu entziffernden Electromotors unternimmt man Schlüsse zu ziehen auf das Vorhandensein eines elektrischen Systems im Muskel und Nerven, das der Wirksamkeit des künstlichen Querschnitts zu Grunde liege, unternimmt man es die handgreiflichen mächtigen Processe am künstlichen Querschnitt als wirkungslos zu declariren! Denn auf die Schwäche und Befangenheit der du Bois'schen Argumente gegen die Betheiligung des Querschnitts selbst an der Erzeugung der Stromkraft habe ich schon früher hingewiesen[1]), und nicht das unwesentlichste derselben, dass nämlich der Strom einige Secunden nach Anlegung des Querschnitts schon vorhanden ist, hat durch die hier vorliegende Untersuchung jede Bedeutung verloren. Das ganze Gebäude aber stürzt durch den einfachen Satz, dass es zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Faserende nicht die mindeste empirische Analogie giebt, wenn nicht die dass man letzterem einst den Namen „natürlicher Querschnitt" beigelegt hat.

Ausser dem hier geführten Nachweis einer Entwicklungszeit des Muskelstroms ist neuerdings noch ein widerlegendes Moment gegen die Präexistenzlehre durch einen Forscher hinzugekommen, dem man gewiss keine Voreingenommenheit gegen letztere nachsagen kann. Engelmann[2]) hat gefunden, dass an Querschnitten von Nerven und pleiomeren Muskeln der Strom schwindet, sobald die verletzten Elemente in toto abgestorben sind, und durch neue Querschnitte wiederkehrt. Eine genau entsprechende Erscheinung habe ich schon vor 7 Jahren an Pflanzenströmen gefunden, und genau in gleichem Sinne erklärt[3]).

Genug der Thatsachen, welche jene Lehre widerlegen. Nur sei noch daran erinnert, dass sie auch auf die Nerven ausgedehnt wird, obgleich hier nicht einmal eine dem angeblichen Strom unversehrter Muskelenden entsprechende Beobachtung vorliegt[4]), ferner,

1) Dies Archiv VIII. p. 270, 271.

2) Dies Archiv XV. p. 116 ff.

3) Dies Archiv IV. p. 159, 163.

4) Ueber irrthümliche Annahmen in dieser Hinsicht vgl. meine Untersuchungen Heft III. p. 25—27. — Dass die sog. Netzhautströme etwas für präexistirenden Nervenstrom beweisen, wird hoffentlich nach den Arbeiten von Boll und Kühne Niemand ernstlich behaupten. Von jenen Strömen sind eigentlich nur Schwankungen durch Lichtreiz beobachtet, die also schon

dass sie von den Bewegungserscheinungen des Muskel- und Nervenstroms noch keine richtig erklärt hat. Dass die Erregungsschwankung[1]) etwas Anderes sein muss als lediglich Kraftabnahme der Molekeln (an der auch die parelectronomischen jetzt, wenn auch schwächer, Theil nehmen), ergiebt sich sofort, wenn die neuerliche Hypothese du Bois-Reymond's richtig ist, dass die anbrandende Welle am Faserende parelectronomische Molekeln macht, oder deren Gegenkraft steigert. Dass aber vollends die Erklärung des Electrotonus in ganz anderer Richtung liegt, als sie auf Grund der Moleculartheorie gesucht wurde, habe ich eingehend in einer Reihe von Arbeiten dargelegt[2]).

Schliesslich darf zur positiven Stütze meiner Auffassung der thierisch-electrischen Erscheinungen darauf hingewiesen werden, dass sie zugleich einer Reihe von Erscheinungen genügt, denen gegenüber

---

an sich Nichts für präexistirenden Ruhestrom beweisen. Wie sehr aber überhaupt das exstirpirte Auge schon innerlich verändert ist, und wie noch ganz andere Dinge als Nervenmolekeln hier verändert werden, ist wohl jetzt Jedem klar.

1) du Bois-Reymond hat neuerdings eine von mir gegebene Deduction für die Schwankung parelectronomischer Gastrocnemien auf das Lebhafteste, selbst mit Herbeiziehung von Argumenten, die er alsbald selbst wieder fallen lässt, bekämpft, obgleich ich ausdrücklich von ihr sage (Unters. Heft III. p. 61) »Ich will diese Deduction natürlich nicht als die wirkliche Begründung des Verhaltens parelectronomischer Gastrocnemien hinstellen; es lag mir nur daran zu zeigen, dass dasselbe keineswegs mit meinen Sätzen in Widerspruch steht«; in der Anmerkung wird noch näher auseinandergesetzt, welche Gründe meine Vermuthung berechtigten, wieviel aber davon erst durch Versuche zu prüfen sei, zu denen ich die Methoden (die gleichen, welche später wirklich benutzt wurden) angab, die ich aber damals nicht ausführen konnte, weil sie für meine Privatmittel zu weit gingen. Aber selbst nachdem ich »das Glück« gehabt hatte, dass meine Vermuthung bestätigt wurde (nach du Bois allerdings irrthümlicherweise), drückte ich mich in meinem Grundriss der Physiologie (5. Aufl. p. 252) sehr vorsichtig so aus: »Dass stromlose Muskeln bei Reizung .... Ströme von bestimmter Richtung zeigen, kann daher rühren, dass die durch die Faser ablaufenden Actionswellen an beiden Ableitungspunkten mit verschiedener Intensität anlangen.« Uebrigens ist du Bois-Reymond selbst genöthigt, die definitive Erklärung zu vertagen und in ähnlicher Richtung wie ich zu vermuthen (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 344, 373 f.). Ich selbst habe demnächst Anlass auf die Frage zurückzukommen.

2) Band V bis XII dieses Archivs.

die Molecularhypothesen rathlos sind, und die ich sogar auf Grund meiner Anschauungen zum Theil selbstständig aufgefunden habe, ohne von früheren einschlägigen Beobachtungen etwas zu wissen. Es sind dies die Ströme bluthaltiger Drüsen des Frosches[1]) und die Ströme an Pflanzentheilen[2]). Von letzteren namentlich habe ich gezeigt, dass sie schlechterdings keiner Molecularhypothese zugänglich sind. Ohne anscheinend von meiner Untersuchung etwas zu wissen, hat Herr Joh. Ranke im Jahre 1872 behauptet, dass die von Buff, Jürgensen und mir beobachteten Ströme, wie er sich seltsamerweise ausdrückt, die „falschen Pflanzenströme" seien, sie sollen nämlich nach ihm an enthäuteten Theilen fehlen, welche umgekehrt einen positiven Querschnitt besitzen sollen[3]). (Diese Angabe, mit welcher Herr H. Munk liebäugelt, ist, beiläufig gesagt, unrichtig; vielmehr verhält sich, wie ich schon früher angegeben habe, an deutlich längsfasrigen Gebilden der künstliche Längsschnitt so gut wie der natürliche positiv gegen den Querschnitt.) Herr Ranke ist nun erfindungsreich genug, für seine „wahren Pflanzenströme" eine mit Pomp gedruckte Moleculartheorie aufstellen zu können, die in nichts anderm besteht als in Molekeln mit positiven Polarzonen! Ausser Herrn Munk und dem Berichterstatter im „Naturforscher" wird er wohl aber schwerlich bei Jemand darin Glauben finden, dass die Pflanzenzellen, diese complicirten Gebilde mit ihrem mannigfachen, flüssigen Inhalt, ihren Protoplasmaströmen, die nichts weniger als nach Hauptrichtungen orientirt sind, Sitz einer Molecularanordnung im du Bois-Ranke'schen Sinne seien[4]). Ich habe für diese Art Naturbetrachtung kein Verständniss. — Hätte Herr Ranke meine oben S. 229 erwähnte Beobachtung gekannt, so hätte er die Ueberzeugung gewinnen müssen, dass die unversehrten Pflanzenzellen nicht Sitz einer electromotorischen Kraft sind, etwa ausgenommen besonders ausgestattete Ausnahmsorgane wie das Blatt der Dionaea muscipula (vgl. oben S. 228 Anm.).

Zu diesen Dingen kommt endlich noch die innere Wahrschein-

---

1) Vgl. meine Untersuchungen Heft III. p. 88 ff.

2) Dies Archiv IV. p. 155 ff.

3) Sitzungsberichte der Münchener Acad. Math.-phys. Cl. 1872 p. 177 ff.

4) Ich empfehle den Moleculartheoretikern der Pflanze die Pilzströme, die wie ich schon angegeben habe (a. a. O.), bei jeder Richtung des Schnittes auftreten; die Moleculartheorie für das Zellparenchym dieses Falles dürfte unerwartete Schwierigkeiten bieten.

lichkeit einer Theorie, welche die so ungemein analogen Processe der Thätigkeit und des Erstarrens auch in electromotorischer Beziehung parallelisirt. Mag man das immerhin ein wohlfeiles „Aperçu" nennen, dessen Widerlegung mehr Jahre koste als seine Erfindung Tage (auch ich bin jetzt zehn Jahre angestrengt mit seiner Prüfung und Ausbildung beschäftigt), — ich habe nie meine bescheidenen Leistungen den unsterblichen Verdiensten des Schöpfers dieses Gebietes, des Erfinders seiner Methoden, des Entdeckers seiner wichtigsten Thatsachen an die Seite zu stellen gewagt[1]). Aber kein Verdienst ist so gross, dass es eine wie immer gewonnene Ueberzeugung zum Schweigen zu verurtheilen berechtigte, und Bemerkungen wie die folgende: „Die Natur kann doch nicht, damit Herr Hermann Recht behalte, die Muskeln ihres Stromes berauben"[2]), fordern zu einer sehr naheliegenden Gegenbemerkung heraus. Allein ich habe bisher grundsätzlich alle Erwiderungen auf die persönlichen und erkenntnisstheoretischen Angriffe eines Gegners unterdrückt, gegen den ich ungern und gezwungen wegen einer unhaltbaren Anschauung kämpfe, und von dem ich eines Tages gerechter beurtheilt zu werden hoffe.

---

1) Dies sei namentlich denen gesagt, welche jene leidenschaftliche Stelle im Vorwort zu den „gesammelten Abhandlungen", die gegen eine ungehörige Aeusserung eines anderen Autors gerichtet war, auf mich beziehen zu müssen glaubten, bloss weil kein Name genannt war. Das Aufsehen und die Missbilligung, welche jene Stelle vermöge ihrer irrthümlichen Deutung erregt hat, veranlasst mich zu dieser Bemerkung, die vielleicht auch im Interesse des Verfassers liegt.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 373. Anm.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Versuche mit dem Fall-Rheotom über die Erregungsschwankung des Muskels.

Von

L. Hermann.

(Hierzu Tafel II. Fig. 12—15.)

Die Untersuchung der Erregungsschwankung am Fall-Rheotom beruht darauf, bei constanter Schlusszeit des Muskelkreises den Reizungsmoment zeitlich zu verschieben. Gegenüber den Versuchen an dem repetirenden Rheotom hat der Versuch am Fall-Rheotom, der auf eine einzelne Reizung sich beschränkt, den Nachtheil viel geringerer Wirkungen. Aber die ungemeine Empfindlichkeit meiner Boussole für schwache Momentanströme ermuthigte mich zu dem Unternehmen, zumal da einige Vorversuche ergaben, dass eine einzelne vom Nerven aus erregte Zuckung des Gastrocnemius mit compensirtem Ruhestrom einen absteigenden Ausschlag von 40—60 Scalentheilen hervorbringt, eine schwerlich bisher erreichte Empfindlichkeit.

In der Beschränkung auf einzelne Zuckungen liegt aber zugleich der Vorzug des Fall-Rheotoms für die Untersuchung der Schwankung. Das Differenzial-Rheotom untersucht die Schwankung unter der Voraussetzung, dass eine fast bis zum Tetanus gehende rasche Aufeinanderfolge der Reize am Verlauf der einzelnen Schwankungen Nichts ändere, eine Voraussetzung, die erst durch Controlversuche mit dem Fall-Rheotom zu prüfen ist. Zweitens ist der Versuch am Differenzial-Rheotom mit starker Ermüdung des Muskels verbunden, und besonders ist der Ruhestrom in Folge der Erregungen in beständiger Abnahme begriffen, Uebelstände, die beim Fall-Rheotom wegfallen. Schliesslich war es mir möglich, mit dem Fall-Rheotom eine bisher noch nie untersuchte und nur dieser Vorrichtung zugängliche Frage in Angriff zu nehmen, nämlich die Schwankung bei totaler directer Reizung des Muskels. Im Ganzen ist das Differenzial-

Rheotom vermöge des Kunstgriffs der Repetition das empfindlichere und als solches für viele Fragen vor der Hand unersetzbare Instrument, das Fall-Rheotom aber hat den Vortheil der einfacheren Verhältnisse, wodurch es, soweit es anwendbar ist, für die Resultate mit dem Repetitions-Rheotom eine wünschenswerthe Controle liefert, und für gewisse Fragen ist es ausschliesslich anwendbar. Uebrigens wird sich die Anwendbarkeit des Apparats voraussichtlich noch ausbreiten, da wir erstens noch nicht an der Grenze der Empfindlichkeit der Boussolen angelangt sind, und zweitens die Wirkungen sich durch kettenartige Verbindung mehrerer Muskeln steigern lassen, ein Verfahren, das ich übrigens nicht benutzt habe.

Der Reizschieber (Fig. 12, 13, 14).

Der Reizschieber besteht aus den schon oben S. 219 f. beschriebenen Messingplatten 𝔐 und 𝔓, über deren gegenseitige Verschiebung und Anbringung am Fall-Rheotom a. a. O. nachzulesen ist. In der Figur 12 sieht man diese Platten von der dem Rheotom abgewandten Seite (Fig. 9 zeigte die andere), auf welcher 𝔓 eine Millimetertheilung und 𝔐 einen Zeigerstrich 𝔑 besitzt. Das Querstück der verschiebbaren Platte 𝔓 trägt den Ebonitklotz 𝔈', der auf seiner freien, in Fig. 13 sichtbaren Fläche mit zwei Contactvorrichtungen versehen ist. Die untere besteht aus dem Hebel 𝔞𝔠𝔟, der sich bei 𝔠 auf einem Klötzchen mit Drahtloch dreht; bei 𝔞 hat er einen Karneolansatz, welcher in die Fallbahn des Rheotoms hineinragt, das Ende 𝔟 federt gegen den Ebonitklotz und hat an seinem unten schneidenförmigen Endknopf eine Platinbekleidung; 𝔟 federt gegen ein in den Ebonitklotz eingelassenes Platinplättchen 𝔡, das mit der seitlichen Drahtklemme 𝔢 verbunden ist. Der obere Contact ist ein Hebelchen 𝔣𝔤𝔥 von ganz ähnlicher Einrichtung, nur ist das mit der Drahtklemme 𝔨 verbundene Plättchen 𝔦, auf welchem das Ende 𝔥 schleift, etwas über die Ebonitplatte erhaben, so dass das Hebelende 𝔥, wenn es von 𝔦 abgerieben wird, die Platinplatte 𝔡 nicht berührt, sondern vor derselben schwebt. Wird der Hebel 𝔞𝔠𝔟 vom Fallkörper erfasst, so wird 𝔟 von 𝔡 nach oben abgerieben, und öffnet, indem es gegen die (isolirende) Kappe 𝔣 stösst, den Contact 𝔥𝔦. Der obere Contact wird also beim Fall unmittelbar nach dem unteren ebenfalls geöffnet.

Für die Versuche mit indirecter Reizung wird der obere Con-

tact nicht gebraucht, sondern bleibt offen, indem der Hebel fgh vertical stehen bleibt.

Die Schwankung des indirect gereizten Gastrocnemius.

Der Gastrocnemius wird, wie Seite 197 beschrieben, mit Triceps- und Fussaponeurose präparirt, und genau wie dort am Muskelträger, der aber nicht mehr am Fallrheotom steckt, mit den dort beschriebenen Spannfäden befestigt und mit den Electrodenzangen abgeleitet. Der Nerv ist aber dem Muskel gelassen worden, und wird in eine feuchte Reizröhre hineingezogen. Die Platinbleche der letzteren sind in den Kreis der secundären Spirale eines Inductionsapparates eingeschaltet. Die primäre Spirale bildet einen Kreis mit einem Daniell und dem unteren Contact acbbe des Reizschiebers. Dieser Contact wird vor jedem Versuch geschlossen, und durch den Fall geöffnet; der dadurch erzeugte Oeffnungs-Inductionsschlag reizt den Nerven. Der Inductionsapparat ist von der Boussole weit entfernt dergestalt aufgestellt, dass er auf diese keine Fernewirkung ausübt.

Der Reizschieber ist mit seinem Karneolstück a so weit in die Fallbahn hineingeschoben, dass dieses vom Fallkörper erfasst wird. Der Moment der Oeffnung zwischen b und b ist von dem Theilstrich auf 𝔓 abhängig, der dem Zeigerstrich ℜ entspricht. Durch eine Reihe einfacher Versuche wurde diese Stellung auf die Hauptscala des Rheotoms reducirt; ist nämlich r der ebengenannte Theilstrich, auf den ℜ zeigt, und n die Zügelstellung, so ist der Moment, wo der Reizcontact geöffnet wird, derselbe in welchem der Hauptcontact X geschlossen werden würde, wenn der Zügel stände auf dem Theilstrich

$$n + 12 - r \text{ Millimeter.}$$

Steht z. B. ℜ auf dem Theilstrich $r = 25$, und der Zügel auf dem Theilstrich $n = 1320$, so ist der Moment der Reizung aus der Tabelle S. 202 leicht zu entnehmen. Wir haben einfach unter 1320 + 12 — 25 = 1307 nachzusehen, und finden die Zahl 0,0059; d. h. die Reizung erfolgt in unserm Falle 0,0059 Sec. vor Oeffnung des Boussolkreises, und da die Schliessung des Boussolkreises ($n = 1320$) nach der gleichen Tabelle 0,0034 Sec. vor der Oeffnung erfolgt, so wäre also in dem Versuch die Reizung 0,0025 Sec. vor Schliessung und 0,0059 Sec. vor Oeffnung des Boussolkreises. Rechnungen sind durchaus nicht weiter nöthig[1]).

---

1) Ich habe dem Mechaniker den Rath gegeben, bei künftig etwa zu bauenden Fall-Rheotomen den Reizschieber an einem besonderen Zügel

Ich theile nun aus vielen Versuchen einige Beispiele mit.

Mässig grosser Gastrocnemius. Abstand der unteren Reizelectrode 6 mm. vom Eintritt des Nerven in den Muskel. Rollen-Abstand am Inductionsapparat = 120 mm. Der Muskel hat einen aufsteigenden Ruhestrom (zufällig ziemlich stark), welcher compensirt wird (W 100, c 1070 = 0,0201 D). Die Compensation wird während der Reizversuche beständig revidirt. Bei geschlossenem Boussolkreis giebt eine einzelne Zuckung einen absteigenden Ausschlag von 41 sc.

n = 1320.

r	Ausschlag
r = 30	Ausschlag ↓ 2½, 3.
35	↓ 5.
40	↓ 4, 6.
45	↓ 4½,
50	↓ 1
55	↑ 2
60	↑ 2
70	0
65	0
40	↓ 5
30	↓ 2½
20	0
25	↓ 1½
Ohne Reizung	0

Derselbe Muskel, nachdem der Sehnenspiegel mit gesättigter Kochsalzlösung angeätzt ist.
Ruhestrom ↑ W20, c530 (=0,0411 Dan.)

r	Ausschlag
r = 20	Ausschlag 0
25	0
20	0
30	0
35	↓ 2½
40	↓ 2½
45	↓ 2
50	↓ 2
60	0
70	0
Ohne Reizung	0

Dieser Versuch ergiebt am ungeätzten Muskel eine zuerst absteigende, dann aufsteigende Schwankung, bestätigt also auf das Schönste die Beobachtung von S. Mayer[1]). Nach der Anätzung ist nur eine einfache negative Schwankung vorhanden, und zwar ist diese schwächer, und tritt später auf als vorher. Letztere Unter-

---

anzubringen, so dass der Reizmoment von der Schliessung des Boussolkreises ganz unabhängig, ausgiebiger verschoben werden kann. Auch der Muskelträger sollte künftig nicht an dem den Schliesscontact tragenden Zügel mit angebracht sein. Um mehrere Zügel ganz unabhängig von einander verschieben zu können, wären beide Säulen zu benutzen und mit Theilungen zu versehen. Auch würde künftig die feinere Verstellung der Fischhaut gegen den Muskelträger besser an diesem als am Fallkörper anzubringen sein.

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. p. 655.

schiede können sehr wohl davon herrühren, dass der Muskel durch die Anätzung an Leistungsfähigkeit eingebüsst hat.

Die negative (absteigende) Schwankung beginnt zwischen den Theilstrichen 20 und 25, der Uebergang in die positive findet Statt zwischen den Theilstrichen 50 und 55, die positive hört auf zwischen 60 und 65. Nehmen wir als Grenzen die Zahlen 23, 53, 63, und suchen wir in der eben angegebenen Weise die zugehörigen Zeiten, so ergiebt sich:

1) Dauer des Boussolschlusses (n = 1320) . . . . 0,0034 Sec.
2) Der Beginn der negativen Schwankung giebt sich zu erkennen wenn die Reizung erfolgt: vor der Boussolöffnung 0,0055 „
vor der Boussolschliessung 0,0021 „
3) Desgleichen der Beginn der positiven Schwankung, wenn die Reizung erfolgt: vor der Boussolöffnung . . . . . 0,0114 „
vor der Boussolschliessung . . . . . 0,0080 „
4) Desgleichen das Ende der ganzen Schwankung, wenn die Reizung erfolgt: vor der Boussolöffnung . . . . 0,0134 „
vor der Boussolschliessung . . . . 0,0100 „

Eine einfache Ueberlegung ergiebt, dass die eigentlichen Momente hiernach folgende sind:

Beginn der negativen Schwankung 0,0021 Sec. nach der Reizung
Uebergang der neg. in pos. Schw.
zwischen 0,008 und 0,0114 „ „ „ „
Ende der pos. Schwankung 0,0134 „ „ „ „

Sehr ähnliche Resultate ergaben auch alle übrigen Versuche dieser Art. Ich vermochte es noch bei n = 1325, d. h. bei nur 0,0024 Secunden Schlusszeit, mit aller Sicherheit dieselben Versuche anzustellen, obgleich hier die Ablenkungen an der Grenze des ohne allzu aufreibende Anstrengung noch Verfolgbaren liegen und theile als Beispiel eine solche Versuchsreihe mit.

Kleiner Gastrocnemius. Ruhestrom ↑ W 300, c 340 (0,0022 Dan.)

n = 1325.

r	Ausschl.	r	Ausschl.	r	Ausschl.
15	0	65	↑ 2, 2.	30	0
20	0	60	↑ ½, 0, ½.	25	0
30	0	55	↓ ½, 1.	20	0
40	↓ 2, 1½	50	↓ 2, 3, 3.	10	0
50	↓ ½, 1, ½.	45	↓ 2, 2.	60	↑ ½
60	↑ 3, 2.	40	↓ 1, 1.	65	↑ 1
70	↑ ½, ½.	35	0	70	↑ 1
				75	↑ ½.

Dieser Versuch zeigt im ersten Theil: Beginn der negativen Schwankung zwischen 30 und 40, Uebergang zwischen 50 und 60, beim Zurückgehen Uebergang zwischen 60 und 55; das Maximum der neg. Schwankung, das vorher bei 40 lag, liegt jetzt bei 50; Beginn der negativen Schwankung zwischen 35 und 40; Ende der positiven Schwankung ist bei 75 noch nicht erreicht (weiter geht der Apparat nicht; deshalb ist die p. 235 Anm. erwähnte Aenderung wünschenswerth). Dass alle Stadien sich im Laufe des Versuchs etwas hinausschieben, habe ich sehr häufig beobachtet. Nehmen wir als die drei Grenzwerthe 37, 57 und >75, so erhalten wir

Beginn der negativen Schwankung	0,0049	Sec. nach der Reizung
Uebergang zwischen 0,0088 und	0,0112	„ „ „ „
Ende der posit. Schwank. später als	0,0148	„ „ „ „

Als Mittel von 15 Versuchen dieser Art ergaben sich folgende Werthe:

Beginn der negativen Schwankung	0,0036	Sec. nach der Reizung
Richtungswechsel	0,0098	„ „ „ „
Ende der positiven Schwankung	0,0147	„ „ „ „

Diese Werthe stimmen mit denen von S. Mayer soweit überein, als es den Umständen nach zu erwarten war. Jedenfalls bilden sie eine schöne Bestätigung der nach der Repetitionsmethode gewonnenen Resultate, die gewiss nicht überflüssig ist, da bei meiner Methode die Bedingungen einfacher und von gewissen Bedenken (s. oben) frei sind. Zugleich zeigen sie die Leistungsfähigkeit meiner Vorrichtungen.

Untersuchung der Schwankung bei totaler directer Reizung des Muskels.

Die Erregungsschwankung konnte bisher nur an indirect gereizten Muskelstellen untersucht werden, sei es, dass die Erregung am Nerven oder an nicht abgeleiteten Theilen der Muskelfaser stattfand. Da eine hinreichend exacte directe Erregung nicht anders als auf electrischem Wege ausführbar ist, so würde eine directe, totale Reizung des abgeleiteten Muskels erfordern, dass die ableitenden Electroden zugleich Reiz-Electroden, also mit den Enden einer secundären Inductionsspirale verbunden sind. Damit aber der Reizstrom nicht in die Boussole sich verzweigen kann, darf die Herstellung des Boussolkreises erst nach der Reizung erfolgen, wodurch also eine Rheotom-Methode erfordert wird. Ferner muss zwischen

Reizung und Schliessung des Boussolkreises die Leitung zur secundären Spirale unterbrochen werden, damit diese nicht eine Nebenschliessung zur Boussole bilde. Dies ist am Differenzial-Rheotom vor der Hand nicht ausführbar; dagegen leicht am Fall-Rheotom mittels des Doppelcontacts am Reizschieber.

Eine weitere Schwierigkeit ist die nach noch so kurzen Inductionsströmen auftretende innere Polarisation des Muskels, welche bei der bald nach der Reizung erfolgenden Ableitung zur Boussole mit zur Wirkung kommt. Doch gelang es mir auch dieser Schwierigkeit vollkommen Herr zu werden.

Die Versuche ergaben, dass die Polarisationsströme stets der Richtung des Inductionsstroms, welcher eingewirkt hatte, entgegengesetzt waren. Bei einfachen Oeffnungs-Inductionsschlägen waren diese Wirkungen so stark, dass sie über die der Erregungsschwankung überwogen. Als aber das Verfahren so abgeändert wurde, dass der Hebel $\mathfrak{acb}$ in der Ruhe unter $\mathfrak{b}$ stand, so dass also beim Fall Schliessung und Oeffnung rasch auf einander folgten, so war der Polarisationsrückstand ungemein klein, wenn auch immer noch deutlich vorhanden; er konnte nunmehr auf einfache Art durch regelmässigen Richtungswechsel eliminirt werden (s. unten).

Die Anordnung des Versuchs wird durch Figur 15 schematisch veranschaulicht. X und O sind die beiden Contacte des Rheotoms, F dessen Fallkörper, $\mathfrak{E}'$ der Ebonitklotz des Reizschiebers, M der Muskel. Beim Falle schliesst der Fallklotz, a erfassend, vorübergehend den Contact b d, der in den primären Kreis mit dem Daniell K_r, dem Stromwender W_r, und der primären Spirale p eingeschaltet ist. Der Muskel M ist verbunden: einmal mit dem Kreise der secundären Spirale s, in welchen der obere Contact hi des Reizschiebers eingeschaltet ist, zweitens mit dem Boussolkreise MmBOXnM. Die ungetheilte Leitung mn enthält ausser dem Muskel auch den Compensator, bestehend aus Daniell K_c, Rheostat r, Schlüssel S, Compensatordraht C und Wippe W_c. Der Compensator muss in den Muskelzweig mn eingeschaltet sein[1]).

1) Ich hatte anfangs, wie gewöhnlich den Compensator im Boussolkreis, zwischen O und B. Hierbei zeigten sich eigenthümliche Störungen, deren genauere Analyse ihren Ursprung in dem Umstande nachwies, dass der Muskelstrom, während der Schliessung des Contacts hi, durch die secundäre Spirale ohne Compensation geschlossen war.

Während des Falles ist X geöffnet, O geschlossen, hi geschlossen, bd geöffnet. Zuerst erhält der Muskel, durch die rasche Schliessung und Oeffnung in bd, einen Doppelinductionsschlag, gleich darauf wird der secundäre Kreis bei hi geöffnet, indem b die Ebonitkappe f erfasst. Jetzt ist der Muskel nur mit dem Boussolkreis in Verbindung, der nunmehr bei X geschlossen und dann bei O wieder geöffnet wird. Alle Zeiten sind nach S. 235 leicht zu entnehmen.

Zu den Versuchen diente durchweg die Gruppe des Gracilis und Semimembranosus[1]) curarisirter Frösche. Die Muskeln blieben unten mit dem Knie und einem Stück der Tibia in Verbindung. Das untere Ende sammt Knie und Tibia wurden in heisses Wasser getaucht, um eine sichrere Ableitung vom künstlichen Querschnitt mittels des wärmestarren Endes zu gewinnen; der Vortheil dieses von mir zuerst angewandten Verfahrens[2]) ist seither auch von du Bois-Reymond gewürdigt worden[3]). Die Muskeln wurden in gewöhnlicher Weise am Muskelhalter ausgespannt, indem die Haken der Spannfäden in Knie und Beckenrest eingesenkt wurden. Die eine Electrodenzange fasste die Tibia, die andere drückte ihr Zinkvitriolleder gegen ein kleines Lager von Kochsalzthon, das auf dem Ebonitlager r der Säule q (Figur 1—4) dem Aequator der Muskelgruppe anlag. So war eine bequeme und sichere Ableitung von Längsschnitt und thermischem Querschnitt hergestellt.

Zur erfolgreichen und sicheren Reizung muss bei der relativ geringen Empfindlichkeit curarisirter Muskeln gegen Inductionsschläge die secundäre Rolle ganz auf die primäre geschoben sein (bei 1 Daniell). Ferner musste der Platinstreifen b eine Breite von 5—6 mm. haben, damit die Schlusszeit der primären Spirale, deren Kürze für die Polarisationen günstig ist, für die Ausbildung des Stromes nicht zu kurz sei; bei der gewählten Dimension (es wurden auch kleinere probirt, wie in Figur 13 durch eine Punctlinie angedeutet ist) betrug sie 0,0014 Sec.

Natürlich kann die Beobachtung nicht die Zeit unmittelbar nach der Reizung mit umfassen. Der Reizmoment kann nämlich nur so nahe an den Boussolschluss herangeschoben werden, dass die Oeffnung des Contacts hi schon erfolgt ist, wenn die Boussole

1) Die Inscriptionen (vgl. oben p. 228 Anm. 1) sind hier natürlich ohne alle Bedeutung.

2) Dies Archiv Bd. IV. p. 167. 1871.

3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. p. 525 ff.

geschlossen wird. Fiele diese Oeffnung noch innerhalb der Boussolschliessung, so würde einen Augenblick die secundäre Spirale eine Nebenschliessung zur Boussole bilden; fiele gar die Oeffnung oder auch die Schliessung des Contacts bb in den Boussolschluss, so würde einer oder beide Inductionsströme sich in die Boussole verzweigen. Beides ist natürlich unzulässig. — Durch diese Umstände entgeht der allererste Theil der Schwankung der genauen Analyse.

Die Versuche ergeben nun ausnahmslos eine absolut negative Schwankung. Bei jeder Stellung des Reizschiebers wird der Versuch bei beiden Lagen der Wippe W_r angestellt. Die Ablenkungen in diesen beiden Fällen sind immer ungleich, die Differenz ist um so grösser, je kürzere Zeit die Reizung dem Boussolschluss vorausgeht. Die Ursache dieser Differenz ist der oben erwähnte Polarisationsstrom, der je nach der Lage der Wippe der Schwankung gleichsinnig oder entgegengesetzt ist. Offenbar ist die halbe Summe beider Ablenkungen der wahre Werth der Schwankung, und die halbe Differenz derselben der Werth der Polarisationsablenkung. Sehr schön sieht man die so erhaltenen Werthe mit der Annäherung zwischen Reiz und Boussolschluss zunehmen, aber nach verschiedenen Gesetzen.

Die Polarisationsablenkungen kann man auch für sich erhalten wenn man an einem starren Muskel arbeitet. Sie sind aber hier bedeutend kleiner als sie sich in der eben angegebenen Weise am lebenden Muskel ergeben. Der Grund liegt offenbar darin, dass wie ich früher gefunden habe, die innere Polarisirbarkeit des Muskels durch die Starre sehr vermindert wird[1].

Als Beispiele theile ich aus einer grossen Anzahl einige Versuche mit.

I. Gracilis und Semimembranosus, curarisirt. Unteres Ende wärmestarr.
Ruhestrom ↑ W 20, c 770 (= 0,0598 Dan.)
n = 1310. Die Compensation wird fortwährend revidirt.

r = 70 Richtg.	2 Abl.	↓ 2 —3	Schwankung	↓ $^3/_4$,	Polarisation 0
»	1 »	↓ $^1/_2$—1			
60 »	1 »	↓ 3	»	↓ $2^3/_4$	» $\pm ^1/_4$
»	2 »	↓ $2^1/_2$			
ohne Reizung	»	0, 0.			
r = 60 Richtg.	1 Abl.	↓ $2^1/_2$	»	↓ $2^1/_2$	» ± 0
»	2 »	↓ $2^1/_2$			

1) Vgl. dies Arch. Bd. V. p. 223 ff.

r	Richt.	Abl.		Schwankung	Polarisation
r = 50	Richt.	2 Abl.	↓ 2 1/2—3	Schwankung ↓ 3 5/8	Polarisation ± 3/8
	»	1 »	↓ 4 1/2		
40	»	1 »	↓ 6 1/2	» ↓ 5 1/4	» ± 1 1/4
	»	2 »	↓ 4		
30	»	2 »	↓ 4	» ↓ 5 3/4	» ± 1 3/4
	»	1 »	↓ 7 1/2		
20	»	1 »	↓ 11, 11	» ↓ 6	» ± 5
	»	2 »	↓ 1		
25	»	2 »	↓ 3 1/2	» ↓ 5 1/2	» ± 2
	»	1 »	↓ 7 1/2		
10	»	1 »	↓ 163		
	»	2 »	↑ 171		
ohne Reizung		»	0. 0.		

II. Dieselben Muskeln, ganz wärmestarr. n = 1310.

r	Richtg.	Abl.	
r = 60	Richtg.	1 Abl.	0
	»	2 »	0
50	»	2 »	0
	»	1 »	0
40	»	1 »	0
	»	2 »	0
30	»	2 »	0
	»	1 »	0
20	»	1 »	↓ 1 1/2
	»	2 »	↑ 1 1/2

III. Curarisirter Gracilis mit Semimembranosus. n = 1325.
Ruhestrom ↑ W 20, c 815 (= 0,0632 Dan.)

r	Richt.	Abl.		Schwankung	Polaris.
r = 17 1/2	Richt.	1 Abl.	↓ 2 1/2, 2	Schwankung ↓ 2 5/8,	Polaris. ∓ 5/8
	»	2 »	↓ 3 1/2, 3 1/2		
20	»	2 »	↓ 2, 3	» ↓ 2 1/2	» 0
	»	1 »	↓ 2, 3		
25	»	1 »	↓ 3 1/2, 4	» ↓ 2 3/4	» ± 1
	»	2 »	↓ 2 1/2, 1		
30	»	2 »	↓ 1 1/2, 1 1/2	» ↓ 2 3/4	» ± 1 1/4
	»	1 »	↓ 4, 4		
40	»	1 »	↓ 3 1/2, 3	» ↓ 2 3/8	» ± 1 3/8
	»	2 »	↓ 1/2, 1 1/2		
20	»	2 »	↓ 3, 2	» ↓ 3 1/4	» ± 3/4
	»	1 »	↓ 4, 4		
17 1/2	»	1 »	↓ 2, 2	» ↓ 3	» ∓ 1
	»	2 »	↓ 4, 4		
15*	»	2 »	↓ 17 1/2		
	»	1 »	↑ 13 1/2		

IV. Ebensolcher Versuch. $n = 1325$. Ruhestrom ↑ W 20, c 645 (0,0501 D.

r	Richt.	Abl.	Schwankung	Polaris.
$r = 17\frac{1}{2}$	1	↓ $1\frac{1}{2}$, 3, 3	↓ $2\frac{1}{2}$	0
»	2	↓ 2, 3		
20	2	0, 0, 0	↓ $2\frac{3}{8}$	± $2\frac{3}{8}$
»	1	↓ 5, $4\frac{1}{2}$		
»	2	0		
25	2	↓ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$	↓ $2\frac{1}{8}$	± $1\frac{5}{8}$
»	1	↓ $3\frac{1}{2}$, 4		
30	1	↓ 3, 3, $3\frac{1}{2}$	↓ $\frac{7}{12}$	± $1\frac{7}{12}$
»	2	0, 0		
$17\frac{1}{2}$	2	↓ 2, 2	↓ $2\frac{5}{8}$	± $\frac{5}{8}$
»	1	↓ 3, $3\frac{1}{2}$		
15*	1	↓ 5		
»	2	↓ 10		
40	2	0	↓ $1\frac{1}{4}$	± $1\frac{1}{4}$
»	1	↓ $2\frac{1}{2}$		
50	1	↓ $1\frac{1}{2}$	↓ $\frac{3}{4}$	± $\frac{3}{4}$
»	2	0		

Ohne Reizung 0.

Ich habe gerade diese Beispiele ausgewählt, weil jedes ein Repräsentant besonderer Erscheinungen ist. Im ersten Beispiel mit langer Schliessungsdauer ($n = 1310 = 0{,}0053$ Secunde), sieht man den zeitlichen Verlauf der Schwankung sehr schön; die Schwankungsablenkung beträgt für

	Sec.		Sec.		Scal.
$r = 20$, d. h. Reizung	0,0016	vor Schliessung und	0,0069	vor Oeffnung:	6
$r = 25$ » » »	0,0026	» » »	0,0079	» »	$5\frac{1}{2}$
$r = 30$ » » »	0,0035	» » »	0,0088	» »	$5\frac{3}{4}$
$r = 40$ » » »	0,0055	» » »	0,0108	» »	$5\frac{1}{4}$
$r = 50$ » » »	0,0075	» » »	0,0128	» »	$3\frac{5}{8}$
$r = 60$ » » »	0,0095	» » »	0,0148	» »	$2\frac{1}{2}$—$2\frac{3}{4}$
$r = 70$ » » »	0,0115	» » »	0,0168	» »	$\frac{3}{4}$

Die Polarisationsablenkungen, welche bei Richtung 1 der Schwankung gleichsinnig, bei Richtung 2 entgegengesetzt sind, sind bei $r = 60$ und 70 unmerklich, und nehmen zu mit der Verkürzung der Zeit zwischen Reizung und Boussolschluss. — Die Schwankung selber ist bei $r = 70$ noch nicht beendet, dauert also jedenfalls länger als 0,0115 Secunden nach der Reizung; ferner hat sie bei $r = 20$ ihr Maximum noch nicht sicher erreicht, obwohl man aus der Curve der Ablenkungen sieht, dass dasselbe sehr nahe ist. Jedenfalls liegt das Maximum näher als 0,0069 Secunde an der

Reizung. Mehr lässt sich aus diesem und allen ähnlichen Versuchen nicht folgern; eine viel grössere Annäherung des Reizes als bei $r = 20$ ist aus den S. 240 f. angegebenen Gründen nicht möglich (man vergleiche die Ablenkungen bei $r = 10$).

Das zweite Beispiel zeigt das Verhalten der reinen Polarisationsablenkungen beim starren Muskel; wie schon oben bemerkt, sind sie hier regelmässig viel schwächer als beim lebenden und nur unmittelbar nach dem Inductionsstrom (bei $r = 20$) deutlich; ihre Richtung ist die gleiche wie beim lebenden Muskel.

Das dritte und vierte Beispiel gehören zu denjenigen Versuchen, in welchen die Schlusszeit so weit als irgend möglich verkürzt wurde ($n = 1325 = 0{,}0024$ Sec., d. h. kleiner als in Bernstein's Versuchen), um so weit thunlich noch in den ersten Theil der Schwankung einzudringen. Ferner wurde auch die äusserste noch zulässige Annäherung der Reizung an die Schliessung, nämlich $r = 17^1/_2$, mit verwandt ($r = 15$ ist wie man sieht nicht mehr verwendbar). Die Schwankungsablenkungen sind hier natürlich sehr klein; sie betragen für

			Sec.		Sec.		Scal.
(III.)	$r = 17^1/_2$,	d. h. Reizung	0,0011	vor Schl. u.	0,0035	vor Oeffn:	$2^5/_8$—3
	$r = 20$	» »	» 0,0016	» »	» 0,0040	» »	$2^1/_2$—$3^1/_4$
	$r = 25$	» »	» 0,0025	» »	» 0,0049	» »	$2^3/_4$
	$r = 30$	» »	» 0,0035	» »	» 0,0059	» »	$2^3/_4$
	$r = 40$	» »	» 0,0055	» »	» 0,0079	» »	$2^3/_8$
(IV.)	$r = 17^1/_2$	» »	» 0,0011	» »	» 0,0035	» »	$2^1/_2$—$2^5/_8$
	$r = 20$	» »	» 0,0016	» »	» 0,0040	» »	$2^3/_8$
	$r = 25$	» »	» 0,0025	» »	» 0,0049	» »	$2^1/_8$
	$r = 30$	» »	» 0,0035	» »	» 0,0059	» »	$1^7/_{12}$
	$r = 40$	» »	» 0,0055	» »	» 0,0079	» »	$1^1/_4$
	$r = 50$	» »	» 0,0074	» »	» 0,0098	» »	$^3/_4$

Man sieht, dass in diesen Versuchen auf das Aufsuchen des Endes der Schwankung kein Werth gelegt wurde (unzweifelhaft erstreckt sie sich auf mehr als 0,01 Secunde). Das Maximum ist mit $r = 17^1/_2$ entweder erreicht oder schon überschritten; es fällt also zwischen 0,0011 und 0,0035 Sec. nach der Reizung. Die Latenzzeit ist also kleiner, als dieser unbekannte Zwischenwerth, wahrscheinlich Null, wofür andre, von Bernstein beigebrachte Gründe sprechen; unsre Versuche können hierüber nichts aussagen. Sehr merkwürdig ist das Verhalten der Polarisationsströme, und zwar trat

dies auch in allen ähnlichen Versuchen auf. Bei r = 20 bis 17½ nimmt nämlich die Polarisationsablenkung, die bis dahin mit der Annäherung an den Reizmoment zunahm, wieder ab, und kann sogar durch Null in die entgegengesetzte Richtung übergehen, d. h. bei Richtung 2 statt bei Richtung 1 der Schwankung gleichgerichtet sein. Dies geschieht also etwa im 1. bis 2. Tausendstel Secunde nach der Reizung. Es ist möglich, dass, da zwei einander entgegengesetzte Inductionsströme sehr rasch einander folgen, ein Kampf ihrer Polarisationsrückstände stattfindet, und erst etwas später der des Oeffnungsstromes allein vorhanden ist.

Ueber das Verhalten des Gastrocnemius bei totaler directer Reizung habe ich ebenfalls Versuche angestellt, die aber noch nicht abgeschlossen sind[1]).

Ueber das Leben der Bacterien in Gasen.

Von

Dr. Carl Grossmann und **Dr. Mayerhausen.**

Bei den nachstehenden Untersuchungen, welche im physiologischen Laboratorium zu Utrecht angestellt wurden, hatten wir uns der freundlichsten Unterstützung der Herren Professoren Donders und Engelmann zu erfreuen. Wir ergreifen daher freudig die Gelegenheit den genannten Herren unsern herzlichsten Dank auszusprechen, nicht allein für die Liebenswürdigkeit, welche uns durch Rath und That zu Theil wurde, sondern auch für die Liberalität, mit welcher uns alle Mittel des Laboratoriums zur Verfügung gestellt wurden. —

Da von den Bacterien die merkwürdige Thatsache nachgewiesen ist, dass dieselben sich hohen Wärmegraden gegenüber durchaus anders verhalten, als andere lebende Organismen, indem dieselben unbeschadet ihrer Lebensfähigkeit Temperaturen ausgesetzt werden können, bei denen unter gewöhnlichen Verhältnissen alles Albumin gerinnt, so war es der Untersuchung werth zu erforschen,

1) Durch Versehen des Lithographen sind die Buchstaben in den Figuren 9—14, statt wie im Texte in Fractur, in Antiqua ausgeführt.

wie sich die Einwirkung verschiedener Gase auf die Bacterien herausstellen, und ob sich vielleicht auch hier ein Unterschied im Verhalten geltend machen würde. Die von uns hierauf untersuchten Gase sind: Kohlensäure, Wasserstoff, Sauerstoff und Ozon.

Was die Methode der Untersuchungen anlangt, so empfahl sich hierzu vorzüglich die Engelmann'sche Gaskammer[1]). Um einen vollständig hermetischen Verschluss zu erzielen, wurde der Deckel, bevor derselbe mittelst metallener Klemmen festgedrückt wurde, mit Vaseline (gelatinisirtem Petroleum) bestrichen, einem sich hierzu vorzüglich eignenden Stoffe, da derselbe nicht, wie gewöhnliches Fett, ranzig wird, somit die schädliche Einwirkung der Fettsäuren auf die Bacterien ausgeschlossen wurde.

Von der Art der Darstellung der Gase und ihrer Reinigung, ehe sie zur Verwendung kamen, wird in den betreffenden Abschnitten selbst noch näher die Rede sein. Hier sei nur erwähnt, dass die diversen Waschflaschen mit einer aus Wachs und Terpentin bestehenden Masse luftdicht vergossen worden waren. Zur Leitung wurden neue, vollkommen reine und intacte Gummischläuche verwandt, und wurde die Kammer mit den Präparaten jedesmal erst eingeschaltet, nachdem eine längere Zeit das betreffende Gas die Leitung durchströmt und so die atmosphärische Luft vollkommen ausgetrieben hatte. Das Ende des Abzugsschlauches tauchte mittelst eines angefügten Glasrohres in ein Glasgefäss mit Wasser. Stets übrigens überzeugten wir uns von Zeit zu Zeit durch Zupressen des Abzugsschlauches hinter der Kammer, von dem luftdichten Verschluss der gesammten Leitung, inclusive Kammer, indem dann, selbst bei vollständigem Oeffnen des Gashahnes in den Waschflaschen keine Blasen mehr aufstiegen.

Die benutzten Bacterien stammten theils aus animalischen (Frosch-), theils aus vegetabilischen (Heu-) Infusen, welche im Laboratorium sich einer ziemlich constanten Temperatur von 13° Cels. ausgesetzt befanden. Die Infuse wurden immer erst benutzt, wenn sich im Versuchstropfen eine hinreichende Menge von Organismen vorfand, was gewöhnlich am zweiten Tage nach gemachter Infusion der Fall war.

Die Versuche selbst wurden nun so angeordnet, dass wir z. Th. zwei, drei, selbst vier Tropfen von Infusen verschiedenen Alters in

---

1) Ueber die Flimmerbewegung von Dr. Th. W. Engelmann. Leipzig 1868.

derselben Kammer neben einander auf dem Deckglase anbrachten, natürlich ohne dass dieselben sich gegenseitig berührten. Es bot dieses Verfahren den Vortheil, den Einfluss der Gase auf Organismen verschiedener Entwicklungsstufen, die vollkommen den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren, zu gleicher Zeit beobachten zu können. Uebrigens wurden auch der besseren Controlle wegen, so oft mit allen Gasen gleichzeitig experimentirt wurde, sämmtliche Kammern mit ein und demselben dem Infuse entnommenen Tropfen bedient. Die Uebertragung der Tropfen aus den Infusen in die Gaskammern geschah mittelst eines vor jedem Gebrauche sorgfältig gereinigten Glasstabes. Auf den Boden der Kammern wurden stets einige Tropfen Wasser gebracht, um ein Eintrocknen der Präparate zu verhüten. Die Präparate blieben z. Th. einen Tag, z. Th. länger in der Kammer, und ist die Beobachtungszeit an den betreffenden Stellen stets angegeben. Während der Nacht dauerte der Gasstrom z. Th. an, z. Th. wurde derselbe unterbrochen, jedoch immerhin so, dass abgesehen von der ja nicht absolut auszuschliessenden Diffusion durch die Gummischläuche, die Kammer mit der betreffenden Gasatmosphäre gefüllt blieb, indem das Ende des Abführungsschlauches entweder mittelst einer Klemmschraube luftdicht zugepresst, oder zur Absperrung von atmosphärischer Luft einfach unter Wasser verblieb.

Bemerken wollen wir hier noch, dass wir allgemein nur die schiessenden Bewegungen der Bacterien, die also eine wirkliche Ortsveränderung zur Folge haben, für selbständige Bewegungen gelten lassen, das Oscilliren dagegen durchweg nur als Molecularbewegung auffassen [1]) und wir uns daher im Folgenden öfters des Ausdruckes Ruhe, als Molecularbewegung nicht ausschliessend bedienen.

Ehe wir nach diesen allgemeinen Erörterungen zur Besprechung der einzelnen Gase übergehen, mögen noch einige kurzgefasste Angaben über das Leben der Bacterien im Infuse selbst vorausgeschickt werden. Das erste Auftreten der Organismen im Infuse hängt wesentlich von der Temperatur ab in der Weise, dass bei höheren Wärmegraden bis zu einer gewissen Grenze dieselben sich viel eher bilden, als in niederen. Bei unseren, wie bereits gesagt, unter einer möglichst constanten Temperatur von 13° Cels. gehaltenen Infusen zeigten sich die ersten Formen gewöhnlich schon am ersten Tage nach der Infusion. Diese ersten auftretenden For-

1) D. Huizinga, Weiteres zur Abiogenesisfrage. Groningen, 1873. pag. 199 ff.

men sind stets längere (stäbchenförmige, meist Meso- in manchen Fällen auch Mega-) Bacterien. Ueber ihre Entstehung können wir nichts näheres angeben, dieselben haben von Anfang an dieselbe Grösse und haben wir nie ein Auswachsen kleinerer Formen zu grösseren beobachtet. Im Gegentheil, vielleicht schon vom ersten Augenblick ihrer Existenz an beginnt eine allmähliche Verkleinerung der vorhandenen Individuen einzutreten, so dass nach einigen Tagen sich nur noch Microbacterien im Infuse vorfinden; noch einige Tage später finden wir fast nur noch (runde) Micrococcen. Die Bewegung war stets am ersten Tage weniger lebendig, als in den darauf folgenden, und erreichte etwa vom 3. bis 6. Tage ihr Maximum. Darauf trat stets eine progressive Verlangsamung der Bewegungen ein, bis schliesslich fast nur noch Molecularbewegung zu beobachten war. Jedoch war die Zeit, in welcher sich bei den verschiedenen Infusen diese Veränderungen vollzogen, nicht immer constant.

Kohlensäure.

Die zu unseren Versuchen verwandte CO_2 wurde gewonnen durch Einwirkung von Salzsäure auf kohlensauren Kalk (Marmor). Das erzeugte Gas wurde vor dem Gebrauche durch eine Reihe von Waschflaschen geführt, die z. Th. mit Argent. nitr. gefüllt waren, z. Th. gewöhnliches reines Wasser enthielten.

Der Einfluss dieses Gases auf unsere Bacterien stellt sich nun folgendermassen heraus. Unter Anwendung schwacher Ströme haben wir bisweilen bei mässig beweglichen Bacterien eine vorübergehende Erhöhung der Beweglichkeit constatirt, sowohl in intensiver als in extensiver Beziehung. Die Excursionen der Individuen wurden grösser und schneller, doch war der absolute Bewegungszuwachs nicht in allen beobachteten Fällen derselbe. Auch dauerte diese Beweglichkeitserhöhung in der Regel nur eine kurze Zeit und ging dann allmählich in Stillstand über. Jedoch, wie schon gesagt, konnte dies nur bisweilen beobachtet werden und gelang es durchaus nicht, nach Belieben jedesmal das genannte Phaenomen hervorzurufen. Mässig starke Ströme wirken entschieden lähmend auf die Bacterienbewegungen, doch ist die Zeit, sowie die Intensität der Einwirkung durchaus verschieden bei Bacterien verschiedenen Alters, in der Weise, dass frische Organismen viel eher und vollständiger in den Ruhezustand kommen, als ältere, jedoch nur

bis zu einer gewissen Grenze. Ueber diese Grenze hinaus verhalten sich alle Bacterien wiederum gleich, d. h. gerathen gleichmässig in Ruhe. Wir können also in Bezug auf die CO_2-Wirkung an jedem Infuse drei Perioden unterscheiden; auf die in der ersten demselben entnommenen Bacterien wirkt CO_2 intensiv lähmend ein, auf die Bacterien der zweiten Periode ist die Wirkung bei weitem geringer, ja scheint bisweilen fast Null zu sein, in der dritten Periode, wo wahrscheinlich in Folge der Erschöpfung an Nährmaterial allerdings die Bewegung ohnehin schon sehr schwach ist (meist Coccen) scheint wiederum eine intensivere Einwirkung stattzufinden. Die Dauer der beiden ersten Stadien ist jedoch sehr verschieden und lassen sich daher bestimmte allgemein gültige Angaben darüber nicht machen, die des dritten dauert so lange, als überhaupt noch lebende Organismen im Infuse sich vorfinden. Es sind nun allerdings in Wirklichkeit diese Stadien höchst wahrscheinlich nicht durch eine absolut scharfe Grenze von einander geschieden, sondern gehen ganz allmählich in einander über. Da wir bei unseren Untersuchungen jedoch in 24stündigen, freilich schon ziemlich grossen Zeitintervallen neue Versuchstropfen unseren Infusen entnahmen, so sind wir auch in der Lage eine gewisse Grenze und Dauer der vorgenannten Stadien auf den Tag angeben zu können. Zugleich erfahren wir hieraus auch, dass der Uebergang aus einem dieser Stadien in das andere sich in circa 24 Stunden vollzieht.

Zur Veranschaulichung dieses Verhaltens möge folgende Tabelle dienen.

	Heu infundirt 19. Dec. 76.	Frosch infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
2. Jan. 5 Uhr N.M.	Microbactt. und Coccen; Bewegung ziemlich lebhaft.	Ziemlich grosse Mesobact. Bewegung sehr lebhaft.	
Von 5 Uhr an CO_2 durchgeleitet; 6 Uhr:	Bewegung sehr schwach.	Keine selbständige Bewegung mehr.	
Während der Nacht der CO_2-Strom unterbrochen; 3. Jan. 11 Uhr:	Microbactt. u. Coccen, sehr schwach beweglich.	Formen etwas verkleinert; Bewegung theilweise ziemlich rege.	

	Heu infundirt. 19. Dec. 76.	Frosch infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
	Neues Präparat.		
3. Jan. 3 Uhr NM.	Microbact. u. Coccen, Bewegung ziemlich lebhaft.	Organismen z. Th. kleiner als gestern. Bewegung mässig.	
Von 3 Uhr an CO_2 durchgeleitet; 4 Uhr:	Zum gröss. Theil noch lebhafte Bewegung	Fast nur noch Molecularbewegung	
7 Uhr:	Noch theilweise Bewegung	nur Molecularbewegung.	
Einen Theil d. Nacht geht CO_2 hindurch; 4. Jan. $10^1/_2$ Uhr:	noch ganz vereinzelte Bewegungen.	Molecularbewegung.	
	Neues Präparat.		
4. Jan. $11^1/_2$ Uhr:	Microbact. u. Coccen,; Bewegung nicht allgemein und mässig.	Mesobact. aber kleiner als gestern;. Bewegung lebendig.	Ziemlich grosse Mesobact. sehr lebendig.
Von $11^1/_2$ Uhr an CO_2 durchgeleitet; 3 Uhr:	Z. Th. noch selbstständige, wenn auch geringe Bewegung.	Nur Molecularbewegung.	Nur Molecularbewegung.
7 Uhr:	Selbständige Bewegung verringert, doch immer noch vorhanden.	Molecularbewegung.	Molecularbewegung.
Einen Theil der Nacht geht CO_2 hindurch; 5. Jan. $10^1/_2$ Uhr:	Molecularbewegng mit ganz vereinzelten selbständigen Bewegungen.	Molecularbewegung.	Molecularbewegung.
	Neues Präparat.		
5. Jan. $12^1/_2$ Uhr:	Microbact. u. Coccen sehr träge.	Kleine Meso- u. Microbact. sehr lebendig.	Kleine Mesobact. sehr lebendig.
Von $12^1/_2$ Uhr an CO_2 durchgeleitet; 3 Uhr:	Selbständ. Bew. nur sehr vereinzelt.	Fast nur Molecularbewegung.	Nur Molecularbewegung.
7 Uhr:	Noch äusserst vereinzelte selbständ. Bewegungen.	Molecularbewegung.	Molecularbewegung.

	Heu infundirt 19. Dec. 76.	Frosch infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu infundirt 31. Dec. 77. erste Organismen 3. Jan. 76.
Einen Theil der Nacht geht CO_2 hindurch; 6. Jan. 11 Uhr:	Ganz vereinzelte selbständigeBeweg.	Sehr vereinzelte selbständigeBeweg.	Sehr vereinzelte selbständ. Beweg.

Neues Präparat.

6. Jan. 12 Uhr:	Kl. Microbact. und Coccen von mässiger Lebendigkeit.	Kl. Meso- und Microbact. sehr lebendig.	Kl. Meso- und Microbact. sehr lebendig.
Von 12 Uhr an CO_2 durchgeleitet; 3 Uhr:	nur sehr vereinzelte selbständ. Bewegungen.	Fast nur Molecularbewegung.	Nur Molecularbewegung.
5 Uhr:	Immer noch vereinzelte Bewegung.	Molecularbewegung.	Molecularbewegung.
CO_2-Strom über Nacht unterbrochen 7. Jan. 11 Uhr:	Sehr geringe Bewegung.	Geringe Bewegung.	Theilweise rege Bewegung.

Neues Präparat.

7. Jan. 11½ Uhr:	Kleinste Microbact. u. Coccen; Bewegung sehr mässig u. nicht allgemein.	Microbact. Bewegung ziemlich lebendig.	Microbact. Bewegung nicht sehr lebendig.
Von 11½ Uhr an CO_2 durchgeleitet; 3 Uhr:	Molecularbewegung.	Molecularbewegung.	Molecularbewegung, mit ganz vereinzelten selbständ. Bewegungen.
CO_2 geht einen Theil der Nacht hindurch; 8. Jan. 11 Uhr:	Schwache Molecularbewegung.	Schwache Molecularbewegung.	Molecularbewegung mit äusserst vereinzelter selbst. Bewegung.

	Heu infundirt 19. Dec. 76.	Frosch infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
	Neues Präparat.		
8. Jan. 11½ Uhr:	Coccen, z. grössten Theil ruhig, nur einzelne Individuen machen kleine Excursionen.	Microbact. und Coccen; Bewegung theilweise ziemlich lebendig.	Microbact. u. Coccen, Bewegung ebenfalls theilweise ziemlich lebendig, doch weniger als im Froschpräparat.
Von 11½ Uhr an CO_2 durchgeleitet; 3 Uhr:	Vollkommene Ruhe	Beweg. am Rande stellenweise ausserordentlich lebhaft, nach der Mitte zu weniger.	Mässig lebendige Bewegung durch das ganze Präparat
5 Uhr:	Nichts verändert.	Nichts verändert.	Nichts verändert.
Einen Theil der Nacht geht CO_2 hindurch; 9. Jan. 11 Uhr:	Ruhe.	Ruhe, nur in mittl. Schicht lebendige Bewegung.	In mittl. Schicht lebendige Beweg.
	Neues Präparat.		
9. Jan. 11½ Uhr:	Coccen; Bewegung nur äusserst vereinzelt.	Microbact. u. Coccen; besonders am Rande sehr lebhafte Bewegung.	Microbact. u. Coccen; zieml. Bewegung durch's ganze Präparat.
Von 11½ Uhr an CO_2 durchgeleitet; 3 Uhr:	Ruhe.	Fast Ruhe, nur sehr vereinzelte Bewegung.	Nur einzelne Individuen zeigen Bewegung.
5 Uhr:	Nichts verändert.	Nichts verändert.	Nichts verändert.
Während d. Nacht geht z. Th. CO_2 hindurch; 10. Jan. 11 Uhr:	Minimale Bewegung äusserst vereinzelt.	Minimale Beweg. sehr vereinzelt.	Geringe Bewegung ganz vereinzelt.

So dauert also beispielsweise bei dem am 31. Dec. 76 infundirten Heu das erste Stadium vom 3. bis 6. Januar, also vier Tage, bei dem Froschinfus vom 31. Dec. 76. dagegen vom 1. bis 7. Januar, also 7 Tage. Das zweite Stadium dauert bei dem genannten Heuinfus vom 7. bis 10. Januar, vielleicht noch länger, doch wurde hier der Versuch unterbrochen, im Froschinfus vom 8.

bis 10. Januar resp. noch länger. Durch das Heuinfus vom 19. Dec. 76 ist in unserer Tabelle vom 2. bis 6. Januar das zweite Stadium repräsentirt; von da an beginnt das dritte. Diese drei Parallelpräparate wurden zu gleicher Zeit in derselben Kammer beobachtet, waren also ganz demselben CO_2-Strom ausgesetzt.

Ebenso, wie bekanntlich in atmosphärischer Luft eine progressive Verkleinerung der Formen eintritt, zeigt sich diese Erscheinung auch in CO_2, jedoch geht dieser morphologische Prozess hier langsamer vor sich, als in atmosphärischer Luft.

Bemerkenswerth ist noch, dass CO_2-Stillstand, falls derselbe nicht zu lange angedauert hat, durch Hindurchtreiben von gewöhnlicher atmosphärischer Luft oder Sauerstoff wieder aufgehoben wird, und in grösserem oder geringerem Maasse — abhängig von der Zeit des Stillstandes — die Bewegung wieder zurückkehrt. Dass das letztgenannte Experiment mit demselben Resultate mehrere Tage lang an demselben Präparate wiederholt werden kann zeigt die folgende Tabelle:

5. Dec. 11 Uhr:	Meso- und Microbact. Bewegung nicht sehr lebendig.
Von 11 Uhr an CO_2 durchgeleitet; 12 Uhr:	Bewegung äusserst gering.
Von 12 Uhr an wird CO_2-Strom unterbrochen und reiner O durchgeleitet; 1 Uhr:	Bewegung bechleunigt.
2½ Uhr:	Bewegung ziemlich stark.
Jetzt O-Zufuhr unterbrochen und wiederum CO_2 eingeleitet; 3¼ Uhr:	Ausser Molecularbewegung keine Bewegung mehr vorhanden.
3¼ Uhr Luft durchgesaugt:	Die Bewegung kehrt in geringem Maasse zurück.
Von 3¾ Uhr an wiederum O durchgeleitet; 4½ Uhr:	Bewegung wieder sehr lebhaft geworden.
Von 4½ Uhr an wieder CO_2 durchgeleitet; 3¾ Uhr:	Bedeutende Verlangsamung der Bewegung.
5 Uhr:	Vollkommene Ruhe.
Während der Nacht die Schläuche vor und hinter der Gaskammer abgeklemmt.	
6. Dec. 10½ Uhr:	Bewegung in ganz geringem Masse bei einzelnen Individuen zurückgekehrt (wahrscheinlich in Folge von Diffusion während der Nacht).
10¾ Uhr der CO_2-Strom wieder in Gang gesetzt; 12¼ Uhr:	Vollkommene Ruhe.
Jetzt CO_2-Strom unterbrochen, Luft durchgeblasen und O durchgeführt; 1¾ Uhr:	In der ganzen Ausdehnung des Präparates wieder schwache Bewegung vorhanden.

5 Uhr:	Bewegung noch vermehrt.
Während der Nacht wird die Kammer mit atmosphärischer Luft in Verbindung gebracht.	
7. Dec. 10 Uhr:	Sehr lebendige Bewegung.
Von $10^1/_2$ Uhr an O durchgeleitet; $4^1/_2$ Uhr:	Bewegung noch ebenso rege.
Von $4^3/_4$ Uhr an wieder CO_2 eingeleitet; 6 Uhr:	Fast nur Molecularbewegung.
Ueber Nacht CO_2-Strom unterbrochen; 8. Dec. $10^1/_2$ Uhr:	Bewegung sehr rege (jedenfalls in Folge von Diffusion.
Von 11 Uhr an wieder CO_2 durchgeleitet; 1 Uhr:	Bewegung bedeutend träger geworden.
Von 1 Uhr an die Kammer mit atmosphärischer Luft in Verbindung gebracht; 5 Uhr:	Bewegung sehr lebendig.
Von 6 Uhr an CO_2 hindurchgeleitet; 7 Uhr:	Fast Ruhe.
Während der Nacht der CO_2-Strom unterbrochen; 9. Dec. $10^1/_2$ Uhr:	Bewegung ziemlich rege. (Diffusion durch die Gummischläuche.)

Das Experiment wurde mit demselben Präparate noch bis zum 11. Dec. weitergeführt und zwar immer mit denselben Resultaten.

Uebrigens bedarf es nicht gerade des Sauerstoffes um die Bacterien aus dem Kohlensäurestillstand wieder zu erwecken. Auswaschen der Kohlensäure mittelst eines indifferenten Gases wie Wasserstoff kann denselben Erfolg haben. Als beispielsweise nach 4 Minuten langem Durchleiten von CO_2 alle Bacterien still geworden waren und nun sorgfältig gereinigter, nicht nachweisbar mit O vermengter H in mässigem Strome eingeleitet ward, kehrten schon nach einer halben Minute etliche Individuen aus ihrer Ruhe zu Anfangs matten, bald aber immer reger werdenden Bewegungen zurück, die nach etwa fünf Minuten eine solche Lebendigkeit erreichten, dass von der vorhergegangenen CO_2-Einwirkung kaum etwas zu bemerken war. Als nun aufs Neue CO_2 zugeführt ward, nahm die Bewegung binnen fünf Minuten in hohem Grade ab. Darauf wurde nochmals mit den zuzuleitenden Gasen gewechselt und wiederum war nach einigen Minuten die alte Lebendigkeit im Tropfen. Zur genaueren Controlle wurde dieser Versuch noch mehrmals wiederholt, stets mit gleichem Erfolge. Nur war zu bemerken, dass, wenn die CO_2-Zuleitung lange gedauert hatte, die Bewegung langsamer und minder vollständig bei H-Zufuhr zurückkehrte.

Wasserstoff.

Unser H wurde producirt mittelst Zink und Schwefelsäure und behufs der Reinigung durch vier grosse enghalsige Waschflaschen geführt, deren zwei erste mit reinem Wasser gefüllt waren, während die dritte eine Lösung von Argentum nitricum, die vierte eine starke Lösung von Pyrogallussäure in Kali enthielt. Diese Anordnung war absichtlich so gewählt worden, damit die in den vorhergehenden Flaschen etwa sich beigemischt habenden Spuren von Sauerstoff in der letzten vollkommen zurückgehalten wurde. Dass übrigens unser Gas wirklich nur sehr kleine Spuren von Sauerstoff beigemischt enthielt, ergab sich aus der sehr geringen Färbung, welche, während eines wochenlangen Durchleitens der Inhalt unserer vierten Waschflasche annahm. Das so resultirende Gas war vollkommen farb- und geruchlos.

Betrachten wir nun die Einwirkung des Wasserstoffs auf unsere Bacterien, so macht sich auch hier ein ganz frappanter Gegensatz bemerkbar, abhängig von dem Alter des Infuses, aus welchem die Versuchstropfen entnommen waren. Es stellt sich nämlich die Thatsache heraus, dass für frische Bacterien der Wasserstoff vollkommen indifferent ist, in der Mehrzahl der Fälle sogar eine Beschleunigung der Bewegung hervorruft, die der durch Sauerstoff erzeugten kaum um etwas nachsteht, ja dieselbe bisweilen sogar noch übertrifft. Die so hervorgerufene Beschleunigung der Bewegung, die sich sowohl in intensiver als extensiver Weise äusserte, wuchs in vereinzelten Fällen zu einer so enormen Schnelligkeit, dass wir dieselbe als die rapideste bezeichnen müssen, die wir jemals bei Bacterien beobachtet haben. Ja selbst bei einer 2- bis 3-tägigen continuirlichen H-Durchleitung konnte kaum eine merkliche Verlangsamung constatirt werden. Ganz anders jedoch verhalten sich die genannten Organismen, wenn das Infus bereits einige Zeit alt ist, indem wir hier als Resultat der Wasserstoffdurchleitung Verlangsamung der Bewegung erhalten, die sich bis zur vollständigen Ruhe mit einfacher Molecularbewegung steigert. Wir haben es also hier wiederum mit mehreren und zwar zwei Stadien zu thun, und gilt von ihnen bezüglich ihrer Dauer und ihres Ueberganges in einander dasselbe, was bei Gelegenheit der Kohlensäure gesagt wurde.

Auch hier mag der Uebersicht wegen eine Tabelle eingefügt

werden, welche die Wasserstoffwirkung sehr deutlich veranschaulicht[1]).

	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
2. Jan. 5 Uhr N. M.	Microbact. und Coccen, Bewegung ziemlich lebhaft.	Ziemlich grosse Mesobacterien; Bewegung sehr lebhaft.	
Von 5 Uhr an die ganze Nacht hindurch H durchgeleitet; 3. Jan. 11 Uhr:	Nur Molecularbewegung.	Präparat eingetrocknet.	
Neues Präparat.			
3. Jan. 4 Uhr:	Microbact. und Coccen; Bewegung ziemlich lebhaft.	Organismen z. Th. kleiner als gestern; Bewegung mässig.	
Von 4 Uhr an H durchgeleitet; 5 Uhr:	Bewegung nicht verändert.	Bewegung, wenn nicht vermehrt, so doch zweifellos verallgemeinert.	
Während der Nacht geht H hindurch; 4. Jan. 10½ Uhr:	Nur Molecularbewegung.	Tropfen eingetrocknet.	
Neues Präparat.			
4. Jan. 11½ Uhr:	Microbact. und Coccen. Bewegung mässig und nicht allgemein.	Mesobact. aber kleiner als gestern Bewegung lebendig.	Ziemlich grosse Mesobact. Sehr lebendig.
Von 11½ Uhr an H durchgeleitet; 3 Uhr:	Bewegung fast vollkommen aufgehoben.	Bewegung verallgemeinert, vielleicht auch etwas vermehrt.	Bewegung sehr lebendig.
7 Uhr:	nichts verändert.	nichts verändert.	nichts verändert.
Während der Nacht geht H hindurch; 5 Jan. 11 Uhr:	Mit vereinzelten Ausnahmen nur Molecularbewegung.	Meso- u. Microbact. Bewegung lebhaft.	Formen z. Th. kleiner als gestern. Bewegung sehr lebhaft.

1) Vergl. auch die analoge CO_2-Tabelle; die Präparate sind von demselben Tropfen genommen.

	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.

Neues Präparat.

5. Jan. 12½ Uhr:	Microbact. und Coccen, sehr träge.	Kleine Meso- und Microbact., sehr lebendig.	Kleine Mesobact. sehr lebendig.
Von 12½ Uhr an H durchgeleitet; 3 Uhr.	Bewegung äusserst gering und sehr vereinzelt.	Bewegung am Rande lebhaft, sonst fast Ruhe.	Bewegung am Rande sehr lebhaft, sonst mässig.
5 Uhr:	fast absolute Ruhe.	Microbact. Bewegung mässig.	Microbact. Bewegung mässig.
Während der Nacht geht H hindurch; 6. Jan. 11 Uhr:	Nur Molecularbewegung.	Bewegung sehr mässig.	Bewegung sehr mässig.

Neues Präparat.

6. Jan. 12 Uhr:	Kl. Microbact. und Coccen von mässiger Lebendigkeit.	kleine Meso- und Microbact. sehr lebendig.	kl. Meso- u. Microbact., sehr lebendig.
Von 12 Uhr an H durchgeleitet; 3 Uhr:	Mit sehr vereinzelten Ausnahmen nur Molecularbewegung.	Bewegung entschieden verlangsamt.	Bewegung bedeutend verlangsamt.
5 Uhr:	nichts verändert.	fast nur Molecularbewegung.	fast nur Molecularbewegung.
Ueber Nacht geht H hindurch 7. Jan. 11 Uhr:	Sehr schwache Molecularbewegung.	Sehr geringe Molecularbewegung.	Sehr geringe Molecularbewegung.

Neues Präparat.

7. Jan. 11½ Uhr:	Kleinste Microbact. und Coccen. Bewegung sehr mässig und nicht allgemein.	Microbact. Bewegung ziemlich lebendig.	Microbact. Bewegung nicht sehr lebendig.
Von 11½ Uhr an H durchgeleitet; 3 Uhr:	sehr wenig Bewegung, fast Ruhe.	sehr mässige Bewegung.	nichts verändert.
Während der Nacht geht H hindurch; 8 Jan. 11 Uhr:	Schwache Molecularbewegung.	Molecularbewegung.	Molecularbewegung.

	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
	Neues Präparat.		
8. Jan. 11½ Uhr:	Coccen, zum grösst. Th. ruhig.	Microbact. und Coccen, Bewegung theilweise ziemlich lebendig.	Microbact. und Coccen, Bewegung z. Th. ziemlich lebendig.
Von 11½ Uhr an wurde H durchgeleitet; 3 Uhr:	schwache Molecularbewegung.	meist Ruhe, schwache Bewegung nur in der Mitte des Tropfens.	eingetrocknet.
5 Uhr:	nichts verändert.	nichts verändert.	dto.
Während der Nacht geht H hindurch; 9. Jan. 11 Uhr:	Ruhe.	Ruhe.	dto.
	Neues Präparat.		
9. Jan. 11½ Uhr:	Coccen, Bewegung nur äusserst vereinzelt.	Microbact. und Coccen. Besonders am Rande ausserordentlich lebhafte Bewegung.	Ziemliche Bewegung durch's ganze Präparat. Microbact. u. Coccen.
Von 11½ Uhr an H durchgeleitet. 3 Uhr:	nichts verändert.	Die Bewegung am Rande geringer geworden, in der mittl. Schicht noch mässige Bewegung.	Ruhe.
5 Uhr:	nichts verändert.	nichts verändert.	nichts verändert.
Während der Nacht geht H hindurch; 10. Jan. 11 Uhr:	Fast absolute Ruhe.	in mittl. Schicht noch mässige Lebendigkeit.	Ruhe.

Ein Blick auf vorstehende Tabelle zeigt, dass z. B. bei dem Heuinfus vom 31. Dec. 76 das erste Stadium drei Tage dauert (vom 3. bis 6. Januar), bei dem Froschinfus vom 31. Dec. 76 dagegen fünf Tage (vom 1. bis 5. Januar), während das Heuinfus vom 19. Dec. 76 sich bereits vollkommen im zweiten Stadium befindet.

Erst kurze Zeit andauernder Wasserstoffstillstand konnte stets

durch Luftdurchsaugen wieder aufgehoben werden und kehrte die frühere Lebendigkeit in grösserem oder geringerem Grade zurück. Auch konnte hier, wie bei CO_2-Stillstand, der Wechsel von Ruhe und Bewegung eine beliebige Anzahl Male längere Zeit hindurch hervorgerufen werden; doch halten wir es für überflüssig, auch hier eine diesbezügliche Tabelle einzuschalten. Bei bereits längere Zeit bestehendem Stillstande war der genannte Wiederbelebungsversuch vollkommen fruchtlos. Uebrigens constatirten wir auch im Wasserstoff eine fortschreitende Verkleinerung der Organismen, doch hat dies weiter nichts auffallendes, da sich dasselbe, ebenso wie in atmosphärischer Luft, in allen von uns angewandten Gasen — soweit dieselben natürlich nicht sofortige Tödtung bewirken — vollzieht.

Sauerstoff.

Der Sauerstoff, dessen wir uns zu unseren Versuchen bedienten, wurde in der gewöhnlichen Weise aus chlorsaurem Kali und Braunstein dargestellt und in gläsernen Ballons aufgefangen. Die drei Waschflaschen enthielten Wasser, Kalilauge und Silbersalpeter.

Was nun die Einwirkung der Sauerstoffatmosphäre auf die Bacterien anbetrifft, so waren die Resultate von grosser Uebereinstimmung und gleich bei den ersten Versuchen in die Augen springend. Als allgemeiner Satz lässt sich hinstellen, dass der Lebensprocess der Bacterien im O nach jeder Richtung hin erhöht wird. Die Lebenserscheinungen sind intensiver, sowohl was die morphologischen Veränderungen angeht, als auch in Betreff der Beweglichkeit: die Bacterien leben schneller als in atmosphär. Luft. Die Steigerung der Lebensprocesse ist so bedeutend, dass selbst ein ziemlich ansehnlicher Temperaturunterschied, wobei das O-Präparat die Nacht über in dem auskühlenden Zimmer (im December), das in atmosphärischer Luft gehaltene Controllpräparat im Brutofen sich befand, dieselbe nicht zu verhindern vermag. Zweierlei Erscheinungen sind es also, die in der Sauerstoffkammer in's Auge fallen; das erste ist die beschleunigte Bewegung, auf die wir bald zurückkommen werden, als zweiter zieht die mit den Formen vorgehende Veränderung unsere Aufmerksamkeit an. Die im Vergleich zu atmosphärischer Luft und den übrigen von uns verwandten Gasen, im Sauerstoff so enorm beschleunigte Verkleinerung, resp. Theilung und in Folge dessen auch numerische Vermehrung der Formen thut sich schon makroskopisch kund, indem

der Tropfen, der vorher (bei seiner geringen Dicke) ziemlich klar war, nach 2- bis 3mal 24 Stunden fast milchig weiss und total undurchsichtig geworden ist. Zur Illustration der rapiden Formveränderung der Bacterien folge hier die Tabelle eines Präparates, welches acht Tage lang in einer Sauerstoffatmosphäre gehalten wurde. Der Tropfen entstammt einem etwa dreitägigen Infuse.

4. Dec. 11 Uhr:	Meso- und Microbact. (Bewegung nicht sehr lebendig.)
Von 11 Uhr an O durchgeleitet; 5 Uhr:	Nur Microbact. vorhanden. (Bewegung stark beschleunigt.)
Ueber Nacht der Zu- und Abführungsschlauch abgeklemmt. 5. Dec. 11 Uhr:	Sehr kleine Microbacterien. (Noch dieselbe Bewegung.)
$11^{1}/_{2}$ Uhr wird der O-Strom wieder in Gang gesetzt. 5 Uhr:	Kleinste Microbact. (Enorme Lebendigkeit.)
Ueber Nacht abgeklemmt. 6. Dec. $10^{1}/_{2}$ Uhr:	Organismen sehr verkleinert und vermehrt. (Bewegung sehr lebendig.)
Von 11 Uhr an O durchgeleitet; 5 Uhr:	Organismen noch viel kleiner geworden, nur Micrococcen vorhanden (Lebendigkeit noch dieselbe.)
Ueber Nacht abgeklemmt. 7. Dec. 10 Uhr:	Die Coccen noch kleiner und zahlreicher geworden; makroskopisch zeigt der Tropfen eine milchartige Trübung. (Bewegung ein wenig träger als gestern.)
Von $10^{1}/_{2}$ Uhr an wieder O durchgeleitet; 6 Uhr:	Die Coccen erscheinen noch verkleinert. (Sehr rege Bewegung.)
Ueber Nacht abgeklemmt. 8. Dec. $10^{1}/_{2}$ Uhr:	Kleinste Micrococcen. (Dieselbe Bewegung durch das ganze Präparat wie gestern.)
Von 11 Uhr an O durchgeleitet. 5 Uhr:	Kleinste Micrococcen. (Bewegung sehr rege.)
Ueber Nacht abgeklemmt.	

Das Experiment wurde mit demselben Präparate noch bis zum 11. Dec. fortgeführt.

Ausser der Formveränderung lehrt uns die voraufgehende Tabelle aber zweitens noch, dass der O ein für unsere Organismen kräftiges Excitans ist, was sich uns durch die enorme Beschleunigung der Bewegungen kund giebt. Wie wir gleich sehen werden, haben wir aber auch hier wieder zwei Stadien zu unterscheiden, indem nämlich die excitirende Wirkung des Sauerstoffs grösser bei jüngeren, als bei älteren Infusen ist, bis schliesslich eine solche sich überhaupt nicht mehr nachweisen lässt.

Sehr anschaulich wird dieses Verhalten durch die folgende

Tabelle gemacht, in welcher sich gleichzeitig in derselben Kammer beobachtete Versuchstropfen aus Infusen verschiedenen Alters zusammengestellt finden[1]).

•	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
2 Jan. 5 Uhr N. M.	Microbact. und Coccen, Bewegung ziemlich lebhaft.	Ziemlich grosse Mesobact. Beweg. sehr lebhaft.	
Von 5 Uhr an O durchgeleitet; 6 Uhr:	Bewegung beschleunigt.	Bewegung ausserordentlich lebhaft.	
O-Strom über Nacht unterbrochen. 3. Jan. 11 Uhr:	wie gestern.	Formen verkleinert (Meso- und Microbact.) Bewegung sehr lebhaft.	
Neues Präparat.			
3. Jan. 3 Uhr:	Microbact. und Coccen, Bewegung zieml. lebhaft.	Organismen z. Th. kleiner, als gestern; Bew. mässig.	
Von 3 Uhr an O durchgeleitet; 5 Uhr:	Bewegung beschleunigt.	Bewegung sehr lebhaft.	
O-Strom über Nacht unterbrochen. 4. Jan. 10½ Uhr:	Coccen; Bewegung wie gestern.	Formen verkleinert; allgemeine starke Lebendigkeit.	
Neues Präparat.			
4. Jan. 11½ Uhr:	Microbact. und Coccen. Bewegung mässig und nicht allgemein.	Mesobact. aber kleiner als gestern. Bewegung lebendig.	Ziemlich grosse Mesobact. Bewegung sehr lebendig.
Von 11½ Uhr an O durchgeleitet; 3 Uhr:	Bewegung lebhaft.	Bewegung lebendig.	Bewegung sehr lebendig.
O-Strom über Nacht unterbrochen; 5. Jan. 12 Uhr;	Bewegung mässig.	Bewegung mässig.	Mässige Bewegung.

1) Vergl. auch die entsprechende H- und CO_2-Tabelle.

	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.

Neues Präparat.

5. Jan. 12½ Uhr:	Microbact. und Coccen, sehr träge.	Kleine Meso- und Microbact. sehr lebendig.	Kleine Mesobact. sehr lebendig.
Von 12½ Uhr an O durchgeleitet; 3 Uhr:	Wenig beweglich.	Sehr beweglich.	Sehr beweglich.
5 Uhr:	Bewegung sehr schwach.	Formen verkleinert (Microbact. u. Coccen) mässig beweglich.	Formen kleiner geworden (Microbact.) mässig beweglich.
Ueber Nacht O-Strom unterbrochen. 6. Jan. 11 Uhr:	Coccen; schwach beweglich.	Coccen; mässig beweglich,	Coccen, ziemlich lebendig.

Neues Präparat.

6. Jan. 12 Uhr:	Kleine Microbact. u. Coccen von mässiger Lebendigkeit.	Kleine Meso- und Microbact. sehr lebendig.	Kleine Meso- und Microbact. sehr lebendig.
Von 12 Uhr an O durchgeleitet; 3 Uhr:	nichts verändert.	nichts verändert.	besonders in der mittl. Schicht sehr lebendig, doch im allg. keine Vermehrung der Bewegung.
5 Uhr:	Bewegung sehr vereinzelt.	Bewegung geringer geworden.	Bewegung geringer geworden.
Ueber Nacht O-Strom unterbrochen; 7. Jan. 11 Uhr:	Coccen, sehr mässige Bewegung.	Coccen, Bewegung sehr mässig.	Coccen, Bewegung sehr mässig.

Neues Präparat.

7. Jan. 11½ Uhr:	kleinste Microbact. u. Coccen. Beweg. sehr mässig und nicht allgemein.	Microbact. Bewegung ziemlich lebendig.	Microbact. Bewegung nicht sehr lebendig.

	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
Von 11 $^1/_2$ Uhr an wurde O durchgeleitet; 3 Uhr:	nichts verändert.	nichts verändert.	nichts verändert.
Ueber Nacht O-Strom unterbrochen; 8. Jan. 11 Uhr:	Fast Ruhe, nur am Rande Bewegung.	Coccen, nur z. Th zieml. lebendig.	Bewegung nur am Rande, in der Mitte fast Ruhe.

Neues Präparat.

8. Jan. 11 $^1/_2$ Uhr:	Coccen, z. grösst. Th. ruhig	Microbact. und Coccen. Bewegung theilweise ziemlich lebendig.	Microbact. und Coccen, theilweise ziemlich lebendige Bewegung.
Von 11 $^1/_2$ Uhr an O durchgeleitet: 3 Uhr:	Molecularbewegung, mit sehr vereinzelten Ausnahmen.	In der mittl. Schicht ziemlich lebendige Bewegung.	Durch das ganze Präparat theilweise sehr lebhafte Bewegung.
5 Uhr:	nichts verändert.	Bewegung geringer geworden.	nichts verändert.
Während der Nacht O-Strom unterbrochen; 9. Jan. 11 Uhr:	Ruhe, nur in mittl. Schicht einzelne mässige Bewegungen.	Ruhe, nur in mittl. Schicht noch theilweise mässige Bewegung.	nichts verändert.

Neues Präparat.

9. Jan. 11 $^1/_2$ Uhr:	Coccen, Bewegung nur äusserst vereinzelt.	Besonders am Rande lebhafte Bewegung, nach der Mitte zu weniger. (Microbact. und Coccen.)	Ziemliche Bewegung durch's ganze Präparat. (Microbact. und Coccen.)
Von 11 $^1/_2$ Uhr an O durchgeleitet; 3 Uhr:	Nur einzelne Individuen lebhaft, sonst Ruhe.	ziemlich lebendig.	ziemlich lebhafte Bewegung.

	Heu, infundirt 19. Dec. 76.	Frosch, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 1. Jan. 77.	Heu, infundirt 31. Dec. 76. erste Organismen 3. Jan. 77.
5 Uhr: Während d. Nacht der O-Strom unterbrochen.	nichts verändert.	nichts verändert.	nichts verändert.
10. Jan. 11 Uhr:	fast vollständige Ruhe.	ziemlich lebhafte Bewegung.	ziemlich lebhafte Bewegung.

Ein Blick auf vorstehende Tabelle zeigt sehr deutlich, wie im Anfang bei allen drei Infusen eine Beschleunigung eintritt, wie indess sehr bald der Tropfen aus dem älteren Heuinfus anfängt, sich dem Sauerstoff gegenüber indifferent zu verhalten, bis schliesslich gar keine Einwirkung des genannten Gases mehr bemerkbar wird. Zu einer Angabe der Dauer dieser Stadien in Tagen bedarf es jedoch einer längeren Beobachtungszeit, und wir unterlassen dieselbe daher hier.

Ozon.

Gerade entgegengesetzt der Wirkung des gewöhnlichen ist die des sog. activen Sauerstoffs, des Ozon. Die Bereitung desselben geschah auf electrischem Wege mittelst des bekannten v. Babo'schen Apparates. Zur Vermeidung der leicht zersetzbaren und absorbirenden Gummischläuche wurde das Glasrohr des Apparates über eine dem Zuleitungsrohr der Kammer eng anliegende Korkhülse luftdicht befestigt. Der von uns benutzte Ruhmkorff'sche Inductionsapparat war hinreichend stark, um schon nach einigen Secunden bei einem langsam durchstreichenden Luftstrom den characteristischen Ozongeruch zu erzeugen. Um jedoch die Einwirkung des Ozon auf die Bacterien möglichst rein zu erhalten und die Einflüsse der durch das Electrisiren der Luft hervorgebrachten Stickstoffoxydationen auszuschliessen, benutzten wir durchgängig möglichst reinen Sauerstoff.

Jedesmal wurde der Versuch damit begonnen, dass $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde lang Sauerstoff durch die Kammer geführt wurde, worauf in der Mehrzahl der Fälle — abhängig von dem Alter des Infuses — eine grössere oder geringere Beschleunigung und Vermehrung der Bewegungen eintrat. Dann wurde der Inductionsapparat plötzlich in Gang gesetzt, während der O-Strom ununterbrochen fortging.

Die Wirkung war eine sehr schnelle; zwischen 1 und 5 Minuten, je nach der Dicke der Tropfen, trat völliger Stillstand ein. Die Bacterien verhielten sich dabei ziemlich gleich, ob sie animalischen oder vegetabilischen, jungen oder älteren Infusen entnommen waren. Diese Gleichheit konnte man am besten constatiren, wenn man mehrere Tropfen von möglichst gleicher Grösse aus verschiedenaltrigen Infusen zu gleicher Zeit in derselben Gaskammer beobachtete. Wurde der Inductionsstrom sofort unterbrochen, sobald eine deutliche Verlangsamung der Bewegung eintrat, so konnte in den meisten Fällen durch den reichlich nachströmenden Sauerstoff die alte Beweglichkeit wieder hergestellt werden. Indessen war der Zeitpunkt, bis zu welchem ozonisirt werden durfte, schwankend und nicht genau zu bestimmen. Es geschah auch wohl, dass ein Theil still blieb, der andere aber wiederum in lebhafte Bewegung gerieth. In diesen Fällen waren vermuthlich die am meisten peripheren Schichten des Tropfens allein vollkommen ozonisirt worden, während in das Innere des Tropfens das Gas noch nicht genügend vorgedrungen war. War einmal allgemeiner Stillstand eingetreten, so erholten sich die Bacterien nie wieder, sie waren getödtet.

Dieses Verhalten ist so evident und ausnahmslos, dass eine Tabelle über die angestellten Versuche anzuführen, unnöthig erscheint. Ozon tödtet die Bacterien in jedem Stadium ihrer Entwickelung in sehr kurzer Zeit, ja man darf wohl sagen augenblicklich, sobald das Gas in hinreichender Concentration auf die Organismen einwirken kann.

Condensirter Sauerstoff.

Es mag hier noch eine vorläufige Mittheilung folgen über Versuche, welche mit condensirtem O ausgeführt wurden. Bekanntlich hat Paul Bert sehr ausgedehnte Versuche mit comprimirtem O gemacht und in jüngster Zeit sie auch auf Fermentationen und Infectionsstoffe verschiedener Art bezogen, ohne jedoch die Erscheinungen während der Einwirkung einer mikroskopischen Untersuchung unterworfen zu haben.

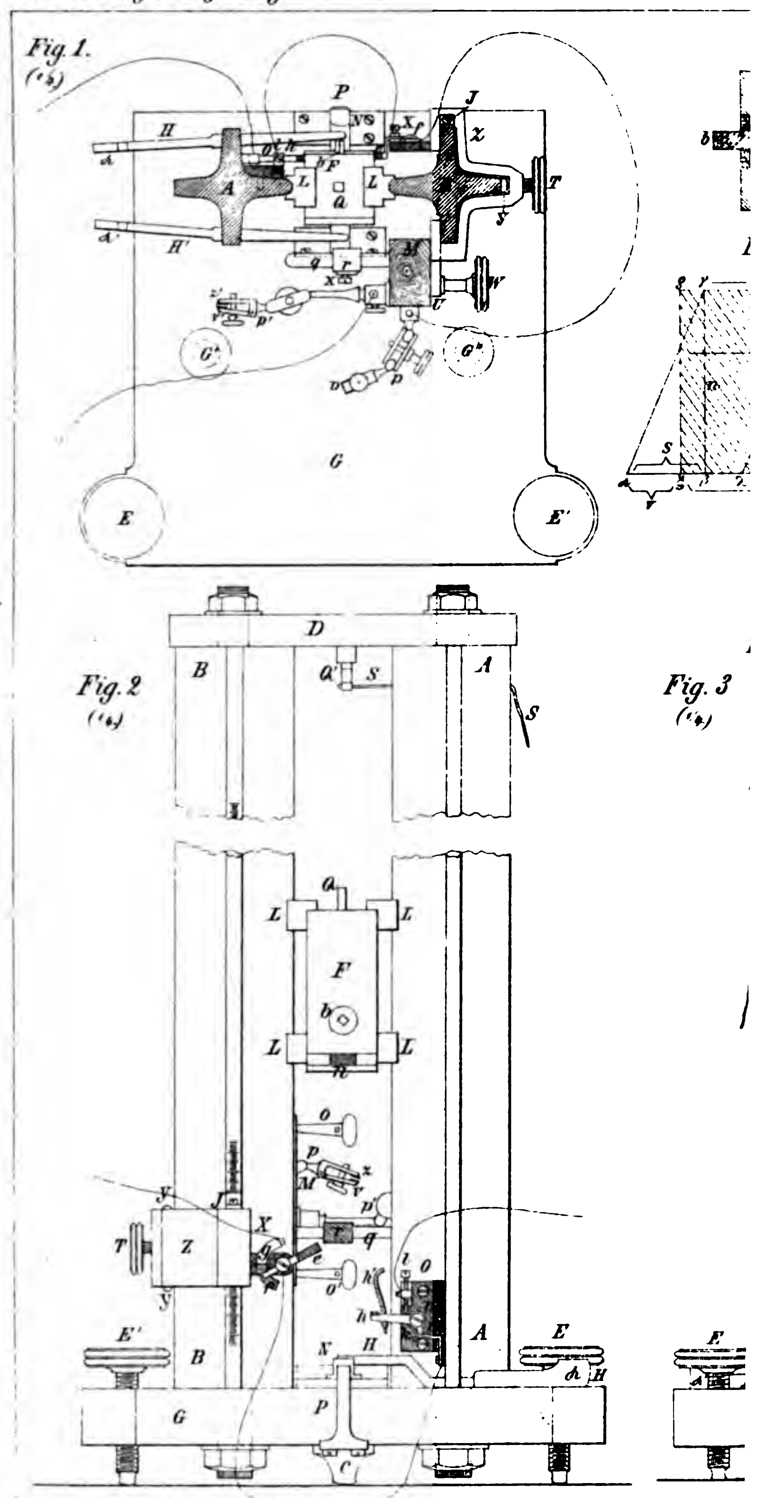
Unsere Experimente an Bacterien wurden in einer eigens dazu construirten Gaskammer, welche später noch beschrieben werden wird, ausgeführt.

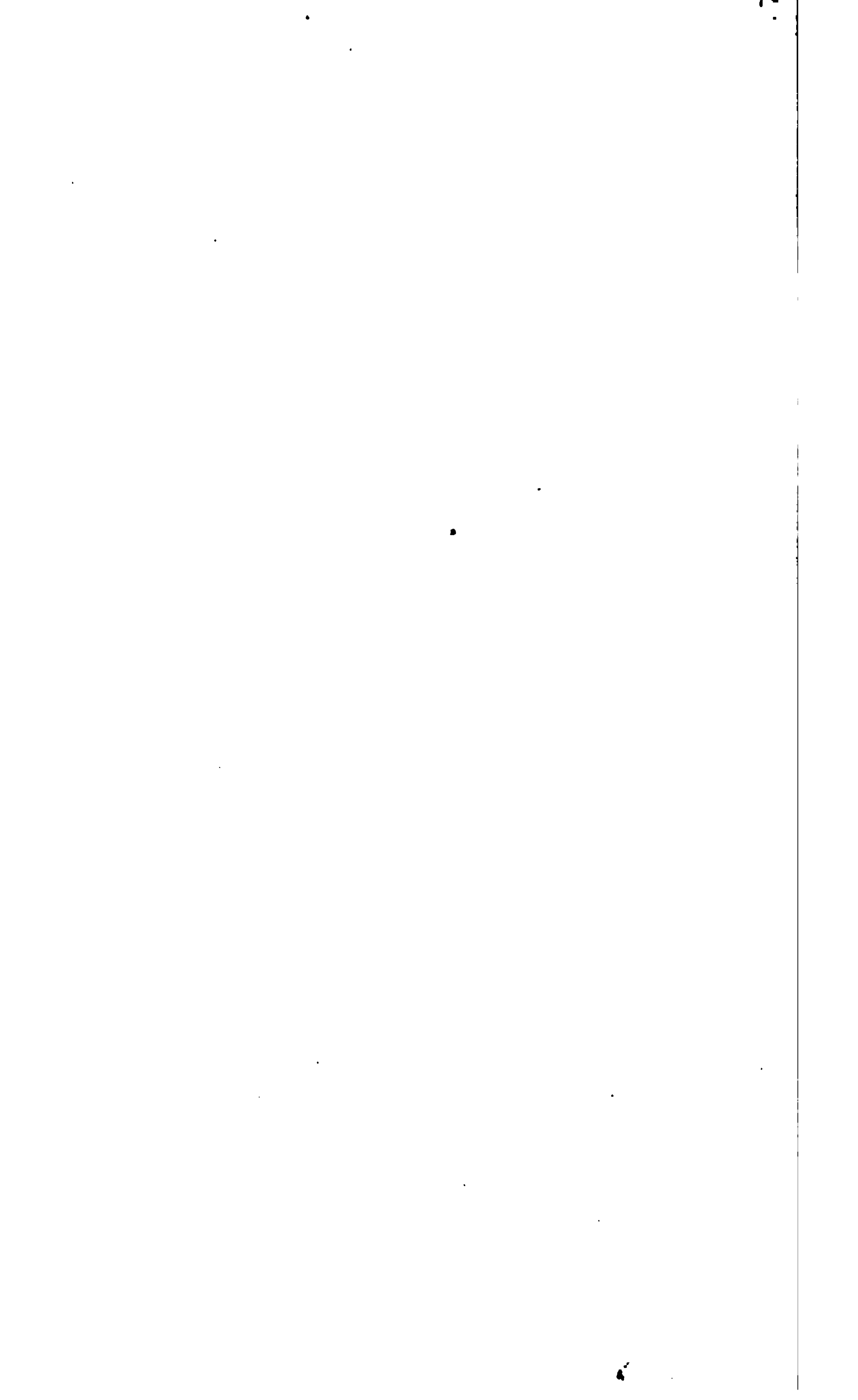
Als Resultat stellte sich heraus, dass Bacterien mehr als 6, jedoch weniger als 20 Stunden lang bei einem Druck von 5 bis 7

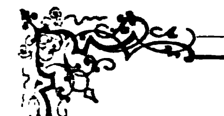
weisen, dass Bacterien zu ihrem Leben durchaus nicht des freien O bedürfen, sondern unter Abschluss desselben existiren können, wie dies ja von den Vibrionen d. h. den Organismen der Milchsäure- und Buttersäuregährung speciell hinreichend feststeht. Vielleicht besitzen alle Bacterien die Fähigkeit bei Mangel an freiem O geeignete Verbindungen ihrer Entwickelungsflüssigkeiten zu decomponiren und den O daraus an sich zu reissen. Dieselben würden also auf diese Weise vollkommen, je nach den gegebenen Verhältnissen, im Sinne Pasteur's die Rolle von Aërobien und Anaërobien zu spielen im Stande sein.

Nochmalige besondere Hervorhebung verdient der Umstand, dass die Wirkung aller Gase (vielleicht mit Ausnahme von Ozon) im Einzelnen sehr wesentlich davon abhing, ob die Bacterien frischen oder älteren Infusen entnommen waren. Im ersteren Falle wirkte z. B. CO_2 sehr schnell, im zweiten nur äusserst langsam lähmend, anfangs selbst nicht selten excitirend. Auch konnten im zweiten Falle die Bewegungen noch nach stundenlanger Einwirkung reiner CO_2 durch Luft, ja durch H wieder hervorgerufen werden. Noch ältere Präparate verhielten sich gegen CO_2 wieder mehr wie frische. Umgekehrt vertrugen frich gezüchtete Bacterien den Aufenthalt in möglichst vollkommen von O befreitem H sehr viel besser als ältere: ihre Bewegungen beschleunigten sich anfangs sehr beträchtlich und zeigten selbst nach Tagen kaum einige Abnahme, während ältere, die zur gleichen Zeit in der nämlichen feuchten Kammer dem gleichen Wasserstoffstrome ausgesetzt waren, schon nach wenigen Stunden zur Ruhe gelangten.

Zum Schlusse sei noch gesagt, dass vorstehende Untersuchungen hauptsächlich nur nach zwei Richtungen hin angestellt wurden: 1) in Bezug auf die Beweglichkeit, als der am meisten in die Augen fallenden Lebenserscheinung, 2) in Bezug auf die Formveränderung der Organismen. Der in den Bacterien selbst vorgehende Chemismus dagegen, sowie die Veränderungen, welche die Ernährungsflüssigkeiten erfahren, wird noch Gegenstand fernerer Untersuchungen sein.


Fig. 1.
(1/3)
Fig. 2
(1/4)
Fig. 3
(1/4)





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

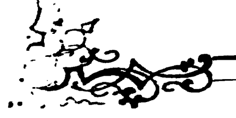
SECHSTES UND SIEBENTES HEFT.

MIT 1 TAFEL.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN

(FR. COHEN).





Ausgegeben den 5. Juli 1877.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter

erhalten von den Arbeiten in dieser Zeitschrift

40 Separatabdrücke gratis.

Die Eiweisskörper der Pflanzensamen.

Von

Dr. **H. Ritthausen,**

o. ö. Prof. d. Agriculturchemie a. d. Univ. zu Königsberg.

In dem Lehrbuch der physiologischen Chemie von Hoppe-Seyler, 1. Theil: allgemeine Biologie, p. 75 f. bespricht der Verf. die Eiweissstoffe der Pflanzenzellen und nachdem er die Meinung geäussert, dass die in Knospen, jungen Trieben und Samen von Pflanzen enthaltenen Eiweissstoffe Globulinsubstanzen seien, geht er zu einer kurzen verurtheilenden Kritik meiner Arbeiten über die Eiweisskörper der Pflanzensamen über und sagt folgendes: »Allerdings stimmen mit dieser von mir ausgesprochenen Ansicht die Angaben von Ritthausen hinsichtlich der Eiweissstoffe der Pflanzen nicht überein; aber wie Aug. Schmidt bezüglich des Legumin bereits nachgewiesen und Weyl auch hinsichtlich der übrigen pflanzlichen Eiweissstoffe gefunden hat, beziehen sich die Angaben von Ritthausen nicht auf reine unveränderte Eiweissstoffe, sondern auf mehr oder weniger zersetzte und ungenügend gereinigte Körper, welche weder in ihrem Verhalten noch in ihrer Zusammensetzung etwas über diejenigen, aus denen sie gewonnen sind, ergeben. Weyl überzeugte sich, wie es mir in einzelnen Fällen bereits vor ihm und Schmidt gelungen war, dass die Eiweissstoffe der Samen von Pflanzen den Reactionen nach keine andern Eiweissstoffe allgemein enthalten, als die Eier der Thiere, wenn auch hier und da, wie z. B. im Weizenkleber, sich noch andere Albuminstoffe daneben finden, denen dann eben eine weite Verbreitung nicht zukommt.«

Diese hier geäusserten Meinungen können nicht mit Stillschweigen hingenommen werden, um so weniger, als sie sich auf ganz ungenügende Arbeiten und Versuche, auf flüchtige Beobachtungen stützen und die Absicht kund gegeben wird, das Dogma von der völligen Uebereinstimmung zwischen den pflanzlichen und thierischen Eiweisskörpern aus Schutt und Asche wieder auszugraben und auf's

Neue zu proclamiren. Um schnell und bequem ans Ziel zu gelangen, wird der Versuch gemacht, Thatsachen, welche mit dieser Theorie nicht im Einklang und ihrer Begründung nur im Wege stehen, einfach dadurch zu beseitigen, dass die durch Nichts bewiesene Behauptung aufgestellt wird, die zur Feststellung jener Thatsachen verwendeten Substanzen seien zersetzte und ungenügend gereinigte Körper.

Hoppe-Seyler beruft sich theils auf eigene Beobachtungen, die er indessen bis jetzt nirgends publicirt zu haben scheint und, wie man aus seinen eigenen Worten schliessen muss, nicht sehr zahlreich und sehr oberflächlich sind, theils auf von ihm inspirirte Arbeiten zweier seiner Schüler, von Aug. Schmidt und Th. Weyl, von denen die eine, von A. Schmidt so gut wie unbekannt, in keinem der verbreiteten chemischen Journale und im Auszuge auch in keinem der verschiedenen Jahresberichte oder Repertorien zu finden ist, die andere aber bisher nur als vorläufige Mittheilung in Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol, Bd. XII, S. 637 erschien.

Da diese letztere indessen die einzige mir bekannt gewordene Mittheilung ist, welche über die Ansichten Hoppe-Seylers einigermassen, aber immerhin nur nothdürftig Aufschluss zu geben vermag, so will ich sie hier zunächst vollständig wiedergeben, so weit sie auf pflanzliche Eiweissstoffe Bezug hat. Th. Weyl, stud. med., sagt:

»1) Die Existenz von in Wasser löslichen Eiweisskörpern, ähnlich dem Eieralbuminat der Thiere, ist bisher nicht erwiesen.

2) Globulinsubstanzen sind in den Na Cl-Auszügen (10 % Na Cl) der zerstossenen Samen von Hafer, Weizen, Mais, süssen Mandeln, Erbsen, weissem Senf, Bertholletia (Paranüsse) in grosser Menge vorhanden. Dieselben zeigen die allgemeinen Reactionen der thier. Eiweisskörper.

3) Es findet sich in den Na Cl-Auszügen von Hafer, Mais, Erbsen, süssen Mandeln, weissem Senf, Paranüssen ein Eiweisskörper, welcher dem thier. Vitellin aus Eigelb in allen bekannten Reactionen gleicht. Wird der das „Pflanzen-Vitellin“ enthaltende Na Cl-Auszug durch Wasser gefällt, der reichliche Niederschlag in verdünnter Na Cl-Lösung gelöst, so coagulirt die neutrale Lösung bei ca. 75°.

4) Ein mit dem Myosin (Kühne) in allen bekannten Reactionen übereinstimmender Körper wird aus den Na Cl-Auszügen von Wei-

zenmehl, Erbsen, Hafer, weissem Senf, süssen Mandeln erhalten, wenn man in die genau neutralisirten Auszüge Steinsalzstücke bis zur Sättigung einträgt. In verdünnter neutraler Na Cl-Lösung coagulirt das Pflanzen-Myosin wie das Myosin aus Pferdefleisch.

5) Aug. Schmidt's Legumin aus süssen Mandeln und aus Erbsenmehl ist ein Gemisch der als Pflanzen-Vitellin und Pflanzen-Myosin bezeichneten Körper. H. Ritthausen, der die neuern Arbeiten über Eiweisskörper von Denis, Kühne und Hoppe-Seyler nicht berücksichtigte und im Ganzen und Grossen zur Gewinnung der pflanzl. Eiweisskörper nur die Methoden Liebig's in Anwendung zog, untersuchte leider fast ausschliesslich Zersetzungsproducte pflanzlicher Globuline. Er hat das Lecithin aus den zu analysirenden Substanzen unvollkommen oder gar nicht entfernt und aus diesem Grunde noch immer den Phosphorgehalt der Aschen als integrirenden Bestandtheil des Eiweissmoleküls angegeben. Sein Legumin aus Hafer, Erbsen, Linsen, Bohnen, Wicken, Saubohnen etc. ist ein Gemisch des veränderten Pflanzen-Vitellins und Pflanzen-Myosins. Es scheint hiernach am besten, den Namen »Legumin« zur Bezeichnung gewisser pflanzlicher Globulinsubstanzen ganz aufzugeben.

6) In den Na_2CO_3-Auszügen (Lösung von 1 % Na_2CO_3) der oben genannten Samen wurden bei schneller Beendigung der Untersuchung und bei Benutzung niederer Temperaturen Casein-ähnliche Körper (Albuminate) niemals aufgefunden. Derartige Stoffe lassen sich nur nachweisen, wenn die untersuchten Samen (Paranüsse) irgendwie bereits verändert z. B. ranzig sind.

7) Die pflanzlichen Globuline werden durch Alkalien oder Säuren je nach der Concentration in kürzerer oder längerer Zeit in Alkali-Albuminat resp. Acidalbumin (Syntonin) übergeführt.

8) Durch Wasser gefällte pflanzl. Globuline werden durch Stehen unter Wasser in Na Cl allmählich unlöslich. Sie lösen sich dann in Sodalösung von 1 % klar auf. Die Globuline sind also in Albuminate umgewandelt.

9) Nach längerer Zeit werden die aus den Globulinen entstandenen Albuminate (Caseine) unter dem Einflusse des Wassers auch in HCl von 0,8 % unlöslich. Sie lassen sich jetzt von den coagulirten Eiweiskörpern nicht mehr unterscheiden.

10) Die mit Sodalösung (1 %) extrahirten und durch Wasser

und CO_2 gefällten pflanzlichen Globuline des Hafers, des Mehls und der Erbsen zeigen, in Wasser suspendirt, bei Zusatz von einigen Tropfen einer Sodalösung von 1 % ganz dasselbe Verhalten, wie es für das Vitellin aus Eidotter beschrieben ist".

Vergeblich sucht man in dieser Mittheilung, so wie in den Ausführungen von Hoppe-Seyler nach irgend einer näheren Angabe darüber, ob die aus NaCl-Lösung dargestellten Körper auf ihre Reinheit, auf einen Gehalt an anderweiten darin enthaltenen Stoffen, auf ihre elementare Zusammensetzung u. s. w. untersucht wurden. Der Mangel an jedweden analytischen Belegen und Untersuchungen lässt auf eine grosse Abneigung gegen den Verbrennungsofen schliessen und da auch alle sonst wünschenswerthen, ja unentbehrlichen analytischen Notizen fehlen, auf einen Widerwillen gegen derartige Prüfungen der Niederschläge. Aug. Schmidt allein scheint einige Analysen der aus Mandeln dargestellten Stoffe gemacht zu haben; was mir aber hierüber aus einer kurzen Notiz im agriculturchem. Centralblatt von Biedermann Jahrgang 1875, Bd. VII, p. 100, in welcher bei Angabe der Zusammensetzung des Pflanzencaseins nach A. Schmidt u. Ritthausen merkwürdiger Weise die Namen der Analytiker vertauscht worden sind, bekannt geworden ist, lässt keinen Zweifel darüber, dass Schmidt entweder ein ganz unreines fettreiches Product, oder einen von Conglutin ganz verschiedenen Körper unter den Händen gehabt und zur Analyse verwandt hat. Auf Grund dieser Notiz wurde, wenn ich die Angabe bezüglich der Analytiker berichtige, die Zusammensetzung des Präparats aus Mandeln gefunden:

	von A. Schmidt	von Ritthausen.
C . .	54,87 pC.	50,24 pC.
H . .	7,29 »	6,81 »
N . .	16,82 »	18,34 »
O . .	20,50 »	23,13 »
S . .	0,52 »	0,45 »

Wenn Hr. Hoppe-Seyler keine anderen Analysen als diese aufzuweisen hat, so weiss ich nicht, was ihn berechtigt, ein Urtheil über die von Andern mit grösster Sorgfalt und Umsicht ausgeführten Untersuchungen zu fällen; es sei denn, dass er sich mit der Meinung trage, der Glaube an seine Autorität sei stark genug, um sich einmal die Freiheit nehmen zu dürfen, etwas so zu behaupten, wie es ihm gerade passt, ohne es zu beweisen.

Ich will jedoch zunächst dazu übergehen, die Nichtigkeit der von ihm und seinem Schüler Weyl ausgesprochenen Behauptungen in Bezug auf die von mir ausgeführten Untersuchungen darzuthun; wäre ich auch jetzt noch geneigt, Alles das, was sie dagegen gesagt haben, vollständig zu ignoriren, weil sie mit ihren Einwendungen sich selbst in die grössten Widersprüche verwickeln und nicht einen einzigen haltbaren Beweis für ihre Behauptungen beizubringen vermögen, so halte ich es doch im Interesse der Sache für geboten, darzulegen, dass diese eben nichts weiter zu bedeuten haben. Beide können die Berichte über meine Untersuchungen nur sehr flüchtig und ohne zu prüfen gelesen haben, weil sie sich sonst von dem Ungrund ihrer Ansichten hätten überzeugen müssen.

Ich bin bei diesen Arbeiten nicht von einer bestimmten vorgefassten Meinung ausgegangen, hatte also keinen Grund, die Resultate einer bestimmten Ansicht anzupassen oder unterzuordnen; was ich als nächstes Ziel erstrebte, war, die zu untersuchenden Körper in möglichster Reinheit und in ihrer Zusammensetzung völlig unverändert darzustellen, um diese, da sehr widersprechende Angaben hierüber vorlagen, mit der den Umständen nach möglich grössten Zuverlässigkeit und Genauigkeit festzustellen. Dies Ziel ist auch trotz der entgegenstehenden Meinung Hoppe-Seyler's erreicht worden und hat sich dabei ergeben, dass die Eiweisskörper der Pflanzen in ihrer Zusammensetzung sowohl von einander, als auch von den thierischen Proteinstoffen mehr oder weniger verschieden sind, eine Thatsache, die nicht mehr hinweg zu disputiren ist. Das Schema von Reactionen, das Hoppe-Seyler seinen Untersuchungen zu Grunde legt, giebt hierüber natürlich nicht den geringsten Aufschluss und können die Körper, die sich diesem Schema anpassen, eine ganz abweichende und verschiedene Zusammensetzung haben.

Zur Darstellung verwandte ich, wie Weyl sehr gut und sehr richtig bemerkt, obwohl ihm das ganz besonders merkwürdig erscheint, nicht die von Denis, Kühne, Hoppe-Seyler, sondern im Wesentlichen die von v. Liebig und Andern bereits angewendeten Methoden, die ich jedoch durch mehrfache, nicht unwesentliche Abänderungen der nach meiner Meinung ihnen noch anhaftenden Mängel zu entkleiden suchte. Um nun nicht weitläufig auf die in meinen Mittheilungen im Journ. für pract. Chem. und in der Schrift: Die

Eiweisskörper der Getreidearten etc. beschriebene Darstellungsmethode zurückzukommen, will ich hierüber nur Folgendes in Erinnerung bringen.

Darstellung von Legumin und Conglutin.

1) Die gepulverten Samen werden entweder nur mit reinem Wasser von 4—8° C. etwa 6 Stunden lang behandelt, die dann erhaltenen, mit dem Heber abgehobenen Lösungen bei 4—5° C. durch Decantiren möglichst geklärt (12—24 Stunden); oder

2) sie werden wie bei 1 unter Zusatz von geringen Mengen Kalilauge, um damit die in vielen Samen enthaltenen Pflanzensäuren — meist Citronensäure oder Aepfelsäure, — zu neutralisiren, bis zur bleibenden schwach alkalischen Reaction extrahirt.

3) Die erhaltenen Lösungen werden durch Zusatz geringer Mengen verdünnter Säure bis zur Bildung eines flockigen, sich leicht absetzenden Niederschlags gefällt.

Den Einfluss der in den Samen enthaltenen Salze, insbesondere des Tri-Kaliumphosphats auf die Löslichkeit des Legumins etc. in Wasser habe ich in meinem Buche besonders besprochen (p. 206).

Die weitere Behandlung der Fällungen besteht ausser in Waschen mit beträchtlichen Mengen Wasser von der angegebenen Temperatur, in Extraction erst mit schwächerem, dann mit starkem, zuletzt 90 % Spiritus, hiernach Extraction mit Aether bei Zimmertemperatur, wobei die Substanz in verstopften Flaschen mit jeder Portion frischem Aether längere Zeit in Berührung gelassen wird, so lange von diesem noch etwas gelöst wurde, dann Waschen mit absolutem Alkohol und Trocknen des Rückstandes in der Leere über Schwefelsäure oder einfach in der gewöhnlichen Schwefelsäureglocke.

Von den meisten Präparaten dieser Art wurde zur nochmaligen Reinigung ein Theil in Kaliwasser (mit einem Gehalt von 1—2 Grm. Kalihydrat im Liter) bei 4—8° C. wieder gelöst, die Lösung filtrirt oder decantirt und daraus die Substanz nach dem so eben angedeuteten Verfahren wieder dargestellt.

Hoppe-Seyler nennt nun diese so dargestellten Substanzen mehr oder weniger zersetzte und ungenügend gereinigte Körper.

Dass diese Behauptung ganz und gar grundlos ist, ergiebt sich

aus der Sache, aus der Art der Ausführung des Verfahrens ganz von selbst. Aber Hoppe-Seyler hat vielleicht jetzt entdeckt, dass ein in Wasser löslicher Proteinkörper, gleichviel ob an sich oder unter Mitwirkung von Salzen löslich, wenn er in Wasser nun wirklich aufgelöst wird, sich hierbei zersetzt, d. h. etwas von seinen ursprünglichen Bestandtheilen, etwa Stickstoff oder Kohlenstoff verliert und diese von dem anfänglichen Eiweissmolekül abgespalten oder abgelöst werden. Er hat vielleicht nachgewiesen, dass ein in kalihaltigem Wasser löslicher Proteinkörper beim Lösen in solchem Wasser unter den angegebenen Umständen durch Loslösung bestimmter Moleküle zersetzt werde, dass Stickstoff oder Schwefel oder eine Kohlenstoffgruppe austritt. Oder hat vielleicht dargethan, dass eine theilweise Zerlegung oder Spaltung der Proteinsubstanz erfolgt, wenn diese aus solchen Auflösungen durch Zusatz sehr verdünnter und geringer Mengen irgend einer Säure gefällt wird; dass Milch-Casein z. B. sich zersetzt, wenn es aus Milch durch Essigsäure und Kohlensäure niedergeschlagen wird.

Seither nahm man allgemein an, dass bei solcher Behandlungsweise, angemessen niedere Temperatur immer vorausgesetzt, keine Zersetzung eintritt, dass weder Stickstoff, noch Schwefel, noch irgend eine Kohlenstoffgruppe aus dem Molekül des Eiweisskörpers ausscheidet. Da ich gerade hierauf ganz besonders meine Aufmerksamkeit richtete, durch entsprechende Versuche und Reactionen zu entscheiden bemüht gewesen bin, ob derartige Spaltungen stattfinden oder nicht und in keinem Falle, bei sorgsamer Ueberwachung und Ausführung der einzelnen, sehr einfachen Operationen das Auftreten z. B. von Ammoniak oder Schwefelkalium nachweisen konnte, so darf mit voller Ueberzeugung ausgesprochen werden, dass die betreffenden Proteinsubstanzen in ihrer Zusammensetzung völlig unverändert gewonnen wurden.

Ausserdem habe ich aber auch durch zahlreiche Analysen von Legumin-, Conglutin- und Glutencaseinpräparaten, theils für sich, theils als Kupferverbindung augewandt, welche aus in Kaliwasser wieder gelöster und gefällter Substanz dargestellt waren, gezeigt, dass sie in allen Beziehungen unverändert wieder erhalten werden. Nun zu behaupten, dass beim Auflösen aus den Samen unter Mitwirkung eines ja äusserst geringen Ueberschusses von Kali, Zersetzung herbeigeführt werde, das scheint mir doch etwas sonderbar.

Möglicherweise denkt sich Hoppe-Seyler unter Zersetzung

in diesem Falle aber nicht Abspaltung einfacherer Verbindungen, wie Ammoniak oder eines schwefelhaltigen oder kohlenstoffhaltigen Körpers, sondern Spaltung der ursprünglich in den Samen enthaltenen Substanz in 2 oder mehrere von einander ganz verschiedene Proteinstoffe, von denen der eine durch Säuren aus der Auflösung gefällt wird, während die übrigen in Lösung bleiben, so dass Legumin und Conglutin nach der von mir angewandten Darstellungs-Methode als Spaltungsprodukte jenes ursprünglich vorhandenen Körpers anzusehen wären. Diese Auffassung bedürfte indessen einer näheren Begründung und des ausführlichen Nachweises, wobei die übrigen Spaltungsprodukte darzustellen, zu untersuchen und zu bestimmen wäre, ob die ursprüngliche Substanz nach ihrer Zusammensetzung mit der aus der Analyse der Spaltungsprodukte berechneten übereinstimmt. Es stünde aber dieser Auffassungsweise eine andere gegenüber, die als viel näher liegend und natürlicher angesehen werden muss: dass die ursprüngliche Substanz ein Gemenge verschiedener Proteinstoffe sei und Legumin oder Conglutin einer der Gemengtheile, der nach dem besprochenen Verfahren isolirt und abgeschieden wird. So lange der ursprüngliche Körper nach seiner Zusammensetzung, seinen Eigenschaften und bezüglich seines Verhaltens zu Reagentien nicht bekannt und die Individualität desselben nicht dargethan ist, wird man wohl besser an der letzteren Annahme festhalten, die überdies den mannichfachen synthetischen Bedingungen bei Erzeugung der Eiweisskörper in den Pflanzen sich weit mehr anpasst als die andere.

Es behauptet aber Hoppe-Seyler weiter, dass die von mir untersuchten Proteinstoffe ungenügend gereinigte Körper seien und sein Schüler, stud. med. Weyl, giebt hierzu den Commentar, indem derselbe sagt: »Er (Ritthausen) hat das Lecithin aus den zu analysirenden Substanzen unvollkommen oder gar nicht entfernt und aus diesem Grunde noch immer den Phosphorgehalt der Aschen als integrirenden Bestandtheil des Eiweissmoleküls angegeben.«

Wie hinfällig dieser Einwand ist, geht aus folgendem hervor.

1) Nach Hoppe-Seylers eigner Angabe (Allgemeine Biologie p. 80 oder Physiolog.-chemische Analyse, 3. Aufl. p. 128), löst sich Lecithin in Alkohol oder Aether, Oelen, Chloroform leicht auf, in Wasser ist es wachsartig quellend.

Darnach ist nicht recht zu begreifen, wie das Lecithin in die

von mir dargestellten Niederschläge gelangt sein soll; wenn Hoppe-Seyler sagt: »werden aus einer wässrigen Lösung bei Gegenwart von Lecithin Eiweissstoffe durch Wasser oder Salze oder vorsichtigen Zusatz von Säuren ausgefällt, so geht stets ein grosser Theil des Lecithins in den Niederschlag über,« so muss doch auch nachgewiesen werden, dass die wässrigen oder unter Zusatz von Kali bis zur Neutralisation von Pflanzensäuren bereiteten, sehr verdünnten Lösungen aus Samen Lecithin gelöst enthalten. Seine Anwesenheit aber auch vorausgesetzt, muss es, wenn die Angaben von Hoppe-Seyler u. A. richtig sind, aus den auf irgend eine Art aus der Lösung gefällten Niederschlägen von Proteinkörpern, in denen es wie alle andern Fette natürlich enthalten ist, bei einer genügenden Behandlung mit Alkohol und Aether in Zimmertemperatur vollständig gelöst und entfernt werden. Sämmtliche von mir dargestellten Proteinsubstanzen sind nun mit solchen Mengen Alkohol und Aether extrahirt worden, dass von einem Rückhalt an Lecithin oder einem andern Fettkörper niemals die Rede sein kann und dass ich für jedes der Analyse unterworfene Präparat die vollständige Beseitigung der Fettkörper noch besonders constatirt habe, kann Hr. Hoppe-Seyler getrost glauben. Es muss noch besonders hervorgehoben werden, dass bei der von mir durchgeführten Behandlung der wasserhaltigen Niederschläge mit anfänglich schwachem, dann stärkerem und zuletzt 90-procentigem Weingeist die Substanz in höchst fein zertheiltem, porösen Zustande, welcher bei der nun unmittelbar darauf folgenden Extraction mittelst Aether allein die vollständige Auflösung der Fettkörper ermöglicht, erhalten bleibt.

2) Die Zusammensetzung des Lecithin $C_{44} H_{90} NPO_9$ oder procentisch C = 65,43 %, H = 11,16; N = 1,73; P = 3,84; O = 17,84 % zeigt, dass dieser Körper reich an Kohlenstoff und Wasserstoff, arm an Stickstoff ist. Ein Gehalt der von mir dargestellten Proteinsubstanzen an Lecithin müsste demnach den Gehalt an C und H erhöhen, an N dagegen erniedrigen. Die Analysen sämmtlicher Leguminpräparate und des Conglutin aus süssen und bittern Mandeln, aus gelben Lupinen ergeben nun im Vergleich zu den meisten bis dahin vorhandenen Analysen einen wesentlich geringeren Gehalt an C und einen beträchtlich höheren Gehalt an N, sie ergeben eine Zusammensetzung, die von der des Eiweiss und Casein bezüglich des C- und N-Gehaltes erheblich abweicht:

	Legumin.	Conglutin aus Mandeln.	Eier-Eweiss (nach Mulder).	Casein.
C . .	51,48%	50,24%	53,73%	53,6%
H . .	7,02 „	6,81 „	7,02 „	7,1 „
N . .	16,77 „	18,37 „	15,52 „	15,7 „
O . .	24,53 „	24,13 „	— „	22,6 „
S . .	0,40 „	0,45 „	1,60 „	1,0 „

Da sollen die Präparate nun noch Lecithin enthalten! Stud. med. Weyl sagt es und sein Meister scheint derselben Meinung zu sein.

3) Doch der Phosphorsäuregehalt der Präparate ist ein untrüglicher Beweis für die Anwesenheit des Lecithins, meint Weyl.

Wie viel die Pflanzensamen an Lecithin enthalten, ist bisher von Niemandem bestimmt worden, Angaben hierüber existiren nicht; überall, wo es als Pflanzenbestandtheil erwähnt wird, begnügt man sich mit allgemeinen Andeutungen über sein Vorkommen. Legt man, um doch irgend einen Anhalt zur ungefähren Schätzung der in verschiedenen Samen vorkommenden Mengen zu haben, die von einigen Chemikern bestimmten Phosphorgehalte der mit Aether extrahirten Fette zu Grunde, so ergiebt sich, dass der Gehalt in den meisten Samen nur gering, wenigstens niemals bedeutend ist. Töpler z. B. fand in folgenden Fetten die nebenstehenden Mengen Phosphor [1]).

	Phosphor in % des Fettes	Menge des Fettes in 100 Th. Samen.
Fett aus Lupinen . . .	0,29	5,0 %
„ „ Erbsen	1,17	2,0 „
„ „ Pferdebohnen .	0,72	1,6 „
„ „ Wicken	0,50	3,0 „
„ „ Winterlinsen . .	0,39	2,6 „
„ „ englisch. Weizen	0,25	1,5 „
„ „ Helena-Weizen .	0,28	
„ „ Roggen	0,31	2,0 „
„ „ Gerste	0,28	2,5 „
„ „ Hafer	0,44	6,0 „
„ „ Hirse	nicht vorhanden	3,3 „

Hieraus berechnen sich die Gehalte an Phosphor und Lecithin

1) Mittheilungen aus Poppelsdorf, 3. Heft p. 119; auch Hoffmann, agriculturchem. Jahresbericht für 1861—62, p. 57.

für 100 Th. Samen, wenn die angegebenen procentischen Mengen an Fett zu Grunde gelegt werden, wie folgt.

	In 100 Th. Samen	
	Phosphor	Lecithin
Lupinen . .	0,0145 %	0,377 %
Erbsen . .	0,0234 „	0,608 „
Pferdebohnen	0,0115 „	0,299 „
Wicken . .	0,0150 „	0,390 „
Winterlinsen	0,0101 „	0,263 „
engl. Weizen	0,0037 „	0,096 „
Roggen . .	0,0062 „	0,161 „
Gerste . . .	0,0092 „	0,249 „
Hafer . . .	0,0264 „	0,686 „

Angenommen nun, es sei die gesammte Menge des Lecithins der Erbsen (was selbstverständlich aber unmöglich ist) in das von mir dargestellte Legumin übergegangen resp. darin enthalten und es sei dies Legumin weder mit Alkohol noch mit Aether extrahirt, sondern in diesem unreinen Zustande getrocknet und analysirt worden, so würden ca. 10 Gramm desselben, als der Menge, die im Durchschnitt von 100 Grm. Samen gewonnen wird, 0,608 Grm. Lecithin und 0,023 Grm. oder 0,234 % Phosphor als diesem angehörig enthalten, und bei der Verbrennung resp. Aschebestimmung einen Phosphorsäuregehalt von 0,53 % geliefert haben.

Dagegen geben die mit Alkohol und Aether vollständig extrahirten, bis zur Entfernung jeder Spur der in diesen Lösungsmitteln löslichen Stoffe behandelten Präparate 3,58 % Asche mit 3,10 % Phosphorsäure, also 2,6 % mehr als die ganze Menge des Lecithin liefern konnte.

Die Legumin-, Conglutin- und Gluten-Caseinpräparate, die ich darstellte, können indessen zufolge der in jedem einzelnen Falle aufs Sorgfältigste durchgeführten Extraction mit Alkohol und Aether überhaupt keine Spur von Lecithin enthalten und die darin vorkommende Phosphorsäure oder auch nur ein kleiner Theil davon kann niemals für einen vom Lecithin herrührenden Bestandtheil erklärt werden. Nähme man auch an, dass das Lecithin bei der Extraction vollständig zersetzt werde und die Glycerin-Phosphorsäure in die Niederschläge vollständig übergehe, so würde dies auf die Resultate der Analysen einen nur geringen Einfluss ausüben können, weil der Gehalt an Lecithin und der daraus hervorgehenden Phosphorsäure-Verbindung eben sehr gering

ist. Die Meinung also, welche Weyl ausspricht und doch wohl auch Hoppe-Seyler theilt, ist völlig grundlos; sie ist eben ins Blaue hinein gesprochen und hat der Autor, wie die vorstehende kurze Auseinandersetzung zeigt, nie darüber nachgedacht, ob das, was er sagt, überhaupt richtig sein kann.

4) Es muss nun auch der zweite Theil des Einwurfes von Weyl: »und aus diesem Grunde noch immer den Phosphorgehalt der Aschen als integrirenden Bestandtheil des Eiweissmoleküls angegeben« ganz bedeutungslos erscheinen. Weyl octroyirt mir hier überdies eine Ansicht, die ich in ganz andrer Form, in ganz anderem Sinne ausgesprochen habe, wie sich Jeder, der den betreffenden Abschnitt in meinem Buche: »Die Eiweisskörper etc.« p. 203—206: »Gehalt des Legumins und Conglutins an Phosphorsäure und andern Aschenbestandtheilen« auch nur flüchtig ansieht, überzeugen wird. Ich mache einen Unterschied zwischen dem Vorkommen des Phosphors in organischen Substanzen, wie es z. B. in den Phosphinen (Aethylphosphin etc.) oder Phosphaminen constatirt ist, und dem Vorkommen als Sauerstoffverbindung, wie z. B. in der Glycerinphosphorsäure u. A. Weit entfernt davon, darüber zu streiten, ob dieser Standpunkt berechtigt ist oder nicht, habe ich nur darzuthun versucht, dass es kein phosphorhaltiges, sondern nur ein Legumin gebe, das Phosphorsäure, Phosphor also als Sauerstoffverbindung enthalte, dass diese Sauerstoffverbindung als constituirender Bestandtheil des Legumins anzusehen sei und Legumin für eine phosphorsäurehaltige Substanz gehalten werden müsse.

Da es aber nicht in meinem Plane liegt, hier näher auf diesen Gegenstand einzugehen, so mag es genügen, darauf hingewiesen zu haben, dass die Aeusserung von Weyl auf einem Missverständniss dessen, was ich gesagt habe, beruht.

5) Hoppe-Seyler spricht ganz allgemein von ungenügend gereinigten Körpern und kann dies auch wohl so verstanden wissen wollen, dass anderweite Substanzen, als z. B. Stärke, Gummi u. dergl. darin enthalten seien. Nachdem ich in den Berichten über meine Untersuchungen bereits gesagt habe, dass ich die dargestellten Präparate immer auf einen Gehalt an solchen Stoffen prüfte und die Methoden, nach denen die Prüfung ausgeführt wurde, angab, da ich mit ganz besondrer Sorgfalt darauf bedacht gewesen bin, die Verunreinigung durch diese Materien möglichst zu verhüten, so darf ich mich der Mühe überhoben erachten, eine solche Meinung näher

zu beleuchten. Zahlreiche Analysen der von mir dargestellten Präparate beweisen, dass die Substanzen in möglichster Reinheit gewonnen wurden und stickstofffreie Körper gar nicht, oder nur in minimalen Mengen noch darin enthalten sein konnten; ich habe nur nöthig, auf die gefundenen Gehalte an Stickstoff hinzuweisen, z. B.

Legumin.	Conglutin aus bittern,	süssen Mandeln,	gelben Lupinen.	Gluten-Casein aus Hafer,	Weizen.
16,77 %	17,97 %	18,37 %	18,40 %	16,91 %	17,14 %

um zur Genüge darzuthun, dass von einem namhaften Gehalt an Kohlehydraten z. B. nicht die Rede sein kann.

Die von mir mitgetheilten Untersuchungen über die Krystalloide der Ricinussamen (»Die Eiweisskörper der Getreidearten etc.« p. 182—187) können, wie aus meinen Worten hervorgeht, nur als vorläufige Mittheilung angesehen werden; die Untersuchung ist keineswegs beendet und war die Fortsetzung, an der ich bisher nur durch mancherlei Umstände behindert gewesen bin, beabsichtigt. Material hierzu habe ich aus dem a. a. O. erwähnten Krystalloidmehl damals schon durch einfaches Abschlämmen mittelst Aether eine Masse in beträchtlicher Menge dargestellt, welche zu ca. 75 % (aus dem Stickstoffgehalt, welcher zu 12,48 % gefunden wurde, berechnet) aus wohlerhaltenen Krystalloiden, gemischt noch hauptsächlich mit fasrigen Gewebsstoffen, besteht. In einiger Zeit darf ich hoffen, über weitere und eingehende Untersuchung dieses Materials berichten zu können.

Weiterer Beweise für die völlige Grundlosigkeit der von Hoppe-Seyler und Weyl geübten Kritik und ihrer Beurtheilung meiner Untersuchungen über die Eiweisskörper der Pflanzensamen bedarf es nicht; die Ergebnisse sind Hoppe-Seyler unbequem und mit seiner Ansicht über die Natur dieser Körper nicht in Einklang zu bringen, da bleibt denn nichts anderes übrig, als den Versuch zu machen, sie wenigstens für den Augenblick zu beseitigen, indem man alle die untersuchten Produkte für zersetzte und unreine Körper erklärt. Beweise dafür sind ja nicht nöthig; es genügt, wenn Hr. Hoppe-Seyler es sagt.

Dass diese Resultate allerdings zu ganz anderen Schlüssen führen, als die, wie es scheint, sehr mühelosen Versuche von Hoppe-Seyler und Weyl geführt haben, und dass sie der Annahme von einer vollständigen Uebereinstimmung zwischen pflanzlichen und thierischen Eiweissstoffen widersprechen, diese Lehre hinfällig machen,

zeigt sich ganz besonders deutlich, wenn den analytischen Resultaten, der gefundenen procentischen Zusammensetzung die Gestalt einer Formel gegeben wird. Ich habe in Folgendem die Analysen auf Formeln von 18 At. Stickstoff, um sie bequem mit der Lieberkühn'schen Eiweissformel $C_{72}H_{112}N_{18}O_{22}S$ vergleichen zu können, berechnet, und da sie nichts anders als ein in eine Formel gebrachter Ausdruck der Analysen sein sollen, Schwefel in Bruchtheilen von 1 At. ausgedrückt. Diese Berechnung ergiebt:

Conglutin (aus Lupinen) . . .	$C_{58}H_{95}N_{18}O_{20}S_{0,40}$
„ (aus Mandeln) . . .	$C_{58}H_{98}N_{18}O_{20}S_{0,20}$
Gliadin (aus Weizen)	$C_{61}H_{99}N_{18}O_{19}S_{0,40}$
„ (aus Hafer)	$C_{62}H_{109}N_{18}O_{18}S_{0,75}$
Legumin (aus Erbsen u. s. w.) .	$C_{64}H_{105}N_{18}O_{22}S_{0,20}$
Gluten-Casein (aus Weizen) . .	$C_{66}H_{104}N_{18}O_{20}S_{0,4}$
„ -Fibrin do. . .	$C_{68}H_{106}N_{18}O_{18}S_{0,4}$
Mucedin do. . .	$C_{68}H_{104}N_{18}O_{20}S_{0,4}$
Eiweiss	$C_{72}H_{112}N_{18}O_{22}S$
Maisfibrin	$C_{74}H_{112}N_{18}O_{20}S_{0,40}$
Legumin (aus weissen Bohnen) .	$C_{74}H_{119}N_{18}O_{29}S_{0,20}$

Es würde natürlich sehr leicht sein, genauer und schärfer der Zusammensetzung sich anpassende Formeln zu berechnen; da sie indessen so lange, als sie nicht durch anderweite Ermittelungen einigermassen wenigstens controlirt und begründet sind, keinen Werth haben, so verzichte ich darauf, bis weitere entsprechende Untersuchungen angestellt sein werden.

Inzwischen mehren sich die Thatsachen, die gegen die Lehre von der ganz gleichartigen Zusammensetzung der Thier- und Pflanzen-Eiweisskörper sprechen; Sachsse fand[1]) für die Substanz der Krystalloide der Paranüsse (Bertholletia) im Mittel die Zusammensetzung

C	= 51,00 %
H	= 7,25 „
N	= 18,06 „
O	= 21,51 „
P_2O_5	= 0,82 „
S	= 1,36 „

die also wiederum von der des Eiweiss sehr bedeutend abweicht.

---

1) Die Farbstoffe, Kohlenhydrate und Proteinsubstanzen von Dr. Robert Sachsse, Leipzig 1877, bei Leopold Voss, p. 316.

Hoppe-Seyler sagt nun: »Die Aleuronkrystalle der Bertholletianüsse enthalten keine Phosphorsäure und liefern wohl das reinste Material der Globulinsubstanz allein.« Aber Hoppe-Seyler ist nicht gewohnt, zu analysiren und die Körper zu reinigen, sondern pflegt sie nach sehr zweifelhaften Reactionen, die Substanzen von ganz verschiedener Zusammensetzung und ganz unreinen Körpern zukommen können, zu beurtheilen. Daher allein muss es ihm passiren, dass er Materien zusammenwirft und für identisch erklärt, die in der Zusammensetzung sehr weit von einander abweichen, wie Globulin aus thierischen Stoffen (a) und die Substanz der Paranüsse (b).

	a.	b.
C . .	54,5	51,00
H . .	6,9	7,25
N . .	16,5	18,06
O . .	21,8	21,51
S . .	1,2	1,36

Zweifellos werden sich dieser Thatsache noch andre anreihen, wenn die Untersuchungen der Pflanzen-Proteinkörper sich einmal mehren und häufiger und gründlicher, als von Hrn. Hoppe-Seyler ausgeführt werden; die schöne und ansprechende, schon von J. v. Liebig aufgestellte Lehre von der völligen Uebereinstimmung zwischen den Proteinsubstanzen der Thier- und Pflanzenwelt wird immer mehr an Boden verlieren und sehr wesentliche Einschränkung erleiden, jeder Versuch, sie zu halten, muss unfehlbar scheitern.

Es ist jetzt nun noch erforderlich, auf die Methode des Hrn. Hoppe-Seyler zur Darstellung der Pflanzen-Eiweissstoffe, wenigstens der von ihm als Globulin bezeichneten, mittelst Auflösen in 10% Na Cl-Lösung, etwas näher einzugehen, da Weyl es gewissermassen als einen Mangel an meiner Art, sie zu gewinnen, rügt, dass ich die neueren Arbeiten über Eiweisskörper von Denis, Kühne und Hoppe-Seyler nicht berücksichtigte.

Hierbei habe ich zuerst darauf aufmerksam zu machen, wie Weyl und Hoppe-Seyler es ganz unbeachtet gelassen haben, dass ich bei Besprechung der Proteinstoffe namentlich der Leguminosensamen: Erbsen, Wicken, Saubohnen, Lupinen u. s. w. stets auch

der Stoffe gedacht habe[1]), welche in namhafter Menge in den Mutterlaugen der Legumin-, Conglutin- oder Gluten-Caseinfällungen zurückbleiben, und deren Darstellung zum Zweck der Analyse auf verschiedene Art: durch Erhitzen zum Kochen, durch Fällen mit Kupfersalzlösungen versucht worden ist. Die Unmöglichkeit jedoch, das reiche Material, was mir bei diesen Darstellungen zufloss, bei analytischen Arbeiten zu bewältigen und auch die Schwierigkeit, die Stoffe in hinreichend reinem, zur Analyse tauglichem Zustande zu erhalten, hielten mich ab, mich eingehender mit dem Studium dieser Substanzen zu beschäftigen.

Offenbar wird die Löslichkeit derselben ganz oder theilweise durch die in den Samen enthaltenen Salze, namentlich Kaliumsalze, die in die wässrige Flüssigkeit übergehen, und durch das bei der Fällung entstehende essigsaure Kalium bedingt und darf daher gefolgert werden, dass die bedingende Ursache dieselbe ist, wie bei der Behandlung der Samen mit Kochsalzlösung, und dass dieselben Stoffe gelöst sind, welche in die Kochsalzlösung übergehen würden.

Wenn ich nun den bisherigen Anschauungen und Ansichten folgend das beim Kochen dieser Mutterlaugen sich abscheidende Gerinnsel als Eiweiss bezeichnete, so habe ich doch auch an verschiedenen Stellen und für mehrere derartige Substanzen erklären müssen, dass weder ihre Eigenschaften, noch auch ihre Zusammensetzung mit Eiweiss übereinstimmen[2]), wie z. B. für die Substanz aus Erbsen und Saubohnen, Lupinen und Weizen; ob sie für Globulin gehalten werden dürfen, mag unerörtert bleiben, doch stimmt die Zusammensetzung mit der des Globulins meist nicht überein.

Die Analyse verschiedener, aus diesen Mutterlaugen gefällter Kupferniederschläge[3]) überzeugte mich, dass mittelst Fällung durch Kupfersalzlösungen zwar beträchtliche Mengen Eiweisssubstanz abgeschieden werden, gleichzeitig aber mit verschiedenen andern Stoffen, so dass die Zusammensetzung der Niederschläge kein zutreffendes Bild von den darin enthaltenen Eiweisskörpern zu geben vermag.

Anstatt die Eiweisskörper in reinem Wasser oder in Wasser unter Zusatz von wenig Kali zu lösen, empfiehlt Hoppe-Seyler,

---

1) Ritthausen, Die Eiweisskörper u. s. w., p. 148, 164, 171, 186, 192.

2) Siehe p. 229—230 meiner Schrift.

3) S. p. 164, 171, 193.

die Rohstoffe: Mehl von Getreidesamen, Leguminosen-, und Oelsamen mit einer 10procentigen Kochsalzlösung zu extrahiren, da nach seinen Erfahrungen sich gewisse sehr verbreitete Pflanzenproteinstoffe darin lösen und durch Zusatz von Wasser oder Sättigung der Lösung mit Kochsalz daraus gefällt werden können.

Ueber die Menge der in solcher Kochsalzflüssigkeit löslichen Substanzen spricht sich Weyl a. a. O. mit den Worten, die ich hier nochmals wiederholen will, aus: »Globulinsubstanzen sind in den Kochsalzauszügen der zerstossenen Samen von Hafer ...... in grosser Menge vorhanden« und Hoppe-Seyler scheint der Meinung zu sein, dass etwas Anderes, als seine Globulinsubstanzen in Knospen, jungen Trieben und Samen überhaupt nicht vorkomme, die ganze Masse der Proteinsubstanz nur aus Globulinen bestehe.

Die Meinung von Hoppe-Seyler ist nun völlig aus der Luft gegriffen, und zeigt sie am besten, dass er sich nur ganz obenhin mit der Untersuchung der Proteinsubstanzen der Pflanzen befasst hat; die Angabe von Weyl ist so allgemein und unbestimmt, dass man damit nichts anzufangen weiss. Wer sich jemals mit Arbeiten über diese Körper befasst hat, weiss, dass sie im frischgefällten wasserhaltigen Zustande oft ein sehr grosses Volumen besitzen, sehr aufgequollen erscheinen und eine Masse bilden, die getrocknet nur ein geringes Gewicht besitzt; es muss folglich jede Schätzung ihrer Menge nach dem Volumen sehr trügerisch sein und kann keine Vorstellung von den wirklichen Quantitätsverhältnissen geben. Da nun jede Zahlenangabe fehlt, nicht eine einzige Gewichtsbestimmung mitgetheilt wird, so kann auf das, was Weyl sagt, gar kein Gewicht gelegt werden und sind seine Angaben so gut wie gar nicht zu brauchen. Wie viel also an in Kochsalzlösung löslichen Eiweisskörpern in irgend einem der Samen vorhanden ist, kann nicht angegeben werden, man müsste denn Hoppe-Seyler's Annahmen acceptiren, dass Alles, was an Proteinsubstanzen darin vorkommt, Globulinsubstanzen sind.

Die Lösungen, welche bei Einwirkung der Kochsalzlösung auf Samen entstehen, scheinen von Hoppe-Seyler und Weyl nicht näher untersucht zu sein und dies ist um so wunderbarer, als sie doch wissen müssen, dass nicht wenige in Samen noch vorkommende Bestandtheile sich gleichzeitig mit lösen und in die Extractionsflüssigkeit mit übergehen. Von den Aschenbestandtheilen sind es die Chloride, hauptsächlich Chlorkalium, ferner Kaliumphosphat,

geringe Mengen andrer Phosphate, Sulfate, wenn sie in den Samen enthalten sind, die gleichzeitig gelöst werden und gewiss nicht ohne Einfluss auf die Löslichkeit der Proteinstoffe sind; von den organischen Bestandtheilen kommen die in Wasser löslichen Kohlenhydrate, die so häufig in grösserer Menge vorhandenen Pflanzensäuren, Pektinstoffe u. a. m. in Betracht und es würde nun erst darzuthun sein, dass bei Gegenwart solcher Materien die Fällung der Proteinsubstanz durch Wasser ein reines Produkt, das frei von Beimengungen jeder Art ist, ergiebt. Kaum irgend welche andern Substanzen zeigen im Vergleich zu den Eiweisskörpern eine so grosse Neigung, bei der Fällung aus Lösungen andre Stoffe mit niederzureissen oder im Momente der Ausscheidung bei Zusatz irgend eines Fällungsmittels sich mit ihnen zu verbinden und so als unbestimmte Verbindung abzusetzen; je unwahrscheinlicher es nun ist, dass auf dem von Hoppe-Seyler eingeschlagenen Wege reine Produkte zu erlangen sind, desto unerlässlicher erscheint es, die Niederschläge auf Beimengungen zu untersuchen und ihre Elementarzusammensetzung genau zu ermitteln. Wenn man eine Extractionsmethode, die für Muskelfleisch und Eidotter, Materien, die vorwiegend aus Proteinsubstanzen bestehen, anwendbar sein mag, unmittelbar auf Pflanzensamen übertragen will, so darf doch bei so gänzlicher Verschiedenheit des Rohmaterials erwartet werden, dass man die Mühe einer gründlichen Untersuchung nicht scheue und den vollgültigen Beweis der Anwendbarkeit liefere; so lange dies nicht geschehen ist, entbehren alle Angaben Hoppe-Seyler's jeder Glaubwürdigkeit, weil Niemand beurtheilen kann, was für Stoffe er unter Händen gehabt hat.

In der Kochsalzflüssigkeit lösen sich weder Legumin, noch Conglutin, ebenso wenig Gluten-Casein[1]); alle Angaben von Hoppe-Seyler und Weyl beziehen sich daher nur auf die Körper, welche bei dem von mir angewendeten Verfahren nach Fällung des Legumins u. s. w. in der Fällungsflüssigkeit enthalten sind und deren Menge bei Erbsen, Saubohnen und anderen Samen gegen 3—6 % beträgt; Legumin, Conglutin hat Keiner von beiden erhalten können, sie haben diese Substanzen vielmehr bei ihrer Extractionsmethode im Ungelösten zurückgelassen. Die Meinung Weyl's: »es

---

1) In Bezug auf Gluten-Casein behalte ich mir den bestimmten Nachweis vor.

scheint hiernach am besten, den Namen »Legumin« zur Bezeichnung gewisser pflanzlicher Globulinsubstanzen ganz aufzugeben« ist daher zur Unzeit ausgesprochen und muss als vollständig ungerechtfertigt zurückgewiesen werden. An die Stelle von Namen für Substanzen, für welche wir einen concreten Ausdruck in der procentischen Zusammensetzung besitzen, sollen andre Namen treten, welche Substanzen von unbestimmter, zweifelhafter Zusammensetzung bezeichnen und von denen wir keine andre Vorstellung erhalten, als dass sie in Kochsalzflüssigkeit sich lösen und aus dieser Lösung durch Wasser oder Steinsalz gefällt werden; so lange die elementare Zusammensetzung von Vitellin und Myosin nicht festgestellt und nicht erwiesen ist, dass zwischen ihnen eine bestimmte und constante Verschiedenheit in der Zusammensetzung besteht und dass sie sich in ihrer Zusammensetzung auch von andern Proteinkörpern unterscheiden, so lange muss man auch daran zweifeln, dass sie wirklich selbstständige, eigenthümliche Körper sind.

Die Uebertragung solcher Bezeichnungen für mindestens nicht genügend charakterisirte Körper auf Pflanzenproteinstoffe würde zur Erhellung des auf dem Gebiet der Lehre von den Eiweisskörpern herrschenden Dunkels nichts beitragen, sondern die mannichfachen Unklarheiten nur vermehren, statt sie zu vermindern.

Nicht unbemerkt darf es bleiben, dass sich der Anwendbarkeit des Extractionsverfahrens von Hoppe-Seyler einige nicht geringe Schwierigkeiten entgegenstellen, sobald es sich insbesondre darum handelt, grössere Mengen an Substanz zu gewinnen. Das hohe spec. Gewicht des Lösungsmittels (1,075 bei 10° C.) erschwert die Darstellung klarer stärkefreier Flüssigkeiten in hohem Grade; durch einfaches Absitzenlassen erhält man sie nicht genügend klar, so dass man sie brauchen könnte, und Filtriren liefert nur geringe Mengen brauchbare Lösung. Um weiter aus den Chlornatriumauszügen zur Analyse geeignete Substanz darzustellen, lässt sich ein Verfahren mit befriedigendem Erfolge nicht ausfindig machen.

Ich muss demnach die Methode zur Darstellung möglichst reiner, zur Untersuchung tauglicher Proteinsubstanzen für ungeeignet halten und hatte keine Veranlassung, die neueren Erfahrungen von Kühne, Hoppe-Seyler, Denis u. A. bei dem Studium der Zusammensetzung der Eiweisskörper der Pflanzen zu benutzen. Auch sind die Erfolge, die Hoppe-Seyler damit erzielt haben will, so überaus zweifelhafter Natur, dass wohl kaum Jemand von

der Vortrefflichkeit der Methode und der Bedeutung der gewonnenen Resultate, die Hoppe-Seyler ihnen beilegt, überzeugt sein kann. Trotz der wenig günstigen Erfahrungen, die ich bei Versuchen nach dieser Methode gemacht habe, werde ich es mir doch angelegen sein lassen, sie weiterhin auf das Sorgsamste zu prüfen.

Das von mir angewendete, sehr wesentlich modificirte ältere Verfahren, mag man es als das Liebig'sche oder als das von mir herrührende bezeichnen, — was mir vollkommen gleichgültig ist, — bietet dem gegenüber den grossen Vortheil, dass man die in den Pflanzensamen vorkommenden Eiweisskörper unverändert in ihrer Zusammensetzung, rein und in verhältnissmässig grosser, oft sehr bedeutender Menge damit darstellen kann.

Die Bedeutung der nach dieser Methode gewonnenen Resultate hinweg zu leugnen wird Hr. Hoppe-Seyler sich vergeblich bemühen, so lange man annehmen darf, dass die zum Aufbau der Eiweisskörper dienenden Moleküle in ganz verschiedenen quantitativen Verhältnissen zusammentreten können, ohne dass die allgemeinen Charaktere dieser Verbindungen sehr wesentlich geändert werden, während die procentische Zusammensetzung in Folge dessen mehr oder weniger verschieden sein muss. Erst dann, wenn man sich gewöhnt, bei Untersuchungen über Eiweissstoffe stets auch den Verbrennungsofen und die Wage zu gebrauchen, kann es gelingen, sie in ihren allgemeinsten Umrissen kennen zu lernen und über ihre substantielle Identität oder Verschiedenheit ins Klare zu kommen. Ohne diese analytischen Untersuchungen dürfte es schwierig sein begreiflich zu machen, dass die Substanz des Vogeleies identisch sei mit der des Pflanzensamens und dass zur Bildung der Eiweisssubstanzen im Ei genau dieselben Körper erforderlich seien, die sie selbst darstellen. Gern gestehe ich aber zu, dass solche Annahmen sehr ansprechend und sehr bequem sind und vieles Kopfzerbrechen ersparen.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Halle.)

Ueber die Ermüdung und Erholung der Nerven.

Von

Julius Bernstein.

(Hierzu Tafel III.)

§. 1. Einleitung.

Die Ermüdung des Muskels, welche auch im lebenden Körper nach verhältnissmässig kurzer Zeit tetanischer Thätigkeit eintritt, ist zuerst von Eduard Weber[1]) eingehender untersucht worden. In seiner für alle Zeiten mustergültigen Abhandlung über »Muskelbewegung« theilt er mit, dass der ausgeschnittene mässig belastete Froschmuskel bei tetanischer Contraction anfangs mit langsam, dann bald mit schnell zunehmender und schliesslich wieder mit allmählich abnehmender Geschwindigkeit sich verlängert. Ebenso hat er die mehrmalige Erholung des ausgeschnittenen Muskels, der durch Tetanus ermüdet wurde, beobachtet und gesehen, dass die Ermüdung um so schneller eintrat, je öfter die Reizung erfolgte. — In neuerer Zeit sind die Erscheinungen der Ermüdung, welche durch eine Reihe einzelner Zuckungen entstehen, von Kroneker[2]) eingehender untersucht worden.

In den erwähnten Fällen hat man sich bisher meist der directen Muskelreizung bedient. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass die Resultate unter Anwendung der Nervenreizung im Grossen und Ganzen ähnlich ausfallen würden, zumal da im uncurarisirten Muskel auch die intramuskulären Nerven miterregt werden.

Es knüpft sich nun hieran die nicht unwichtige Frage, mit welcher Schnelligkeit in dem Nerven selbst die Ermüdungs- und Erholungsvorgänge ablaufen. Hierüber giebt uns die einfache Reizung des motorischen Nerven keinen hinreichenden Aufschluss, denn der ermüdende Muskel zeigt nur die in ihm stattfindenden Vorgänge an, nicht die seines Nerven. Wenn wir daher sehen, dass während der

1) Wagner's Handwörterbuch der Phys. III. 2.

2) Bericht der sächs. Ges. d. Wiss. 1871. S. 690.

Nervenreizung der Muskel nicht schneller ermüdet als durch directe Reizung, so erfahren wir nur, dass der Nerv in seiner Leistung nicht hinter dem Muskel zurückbleibt; wir wissen aber nicht, ob er nicht noch mehr leisten könnte als dieser.

Es giebt einige Thatsachen, welche zu Gunsten des Nerven sprechen. Der sensible Nerv wenigstens ist im Stande oft eine andauernde Schmerzempfindung hervorzurufen, unsere Sinnesnerven vermögen lange Zeit hindurch Eindrücke zu vermitteln, ohne wesentlich zu erlahmen. Indess haben wir in diesen Fällen kein Maass für die Stärke der Nervenerregung, welche stattfindet, und wahrscheinlich ist sie selbst bei heftiger Schmerzempfindung nicht sehr bedeutend gegenüber derjenigen Erregung des motorischen Nerven, welche starken Tetanus erzeugt.

§. 2. Die Ermüdung des Muskels wird mit der des motorischen Nerven verglichen.

Um zu entscheiden, ob der motorische Nerv bei dauernder Reizung noch in Thätigkeit verbleibt, nachdem der zugehörige Muskel bereits ermüdet ist, wurde folgende Anordnung getroffen.

Zwei Nervmuskelpräparate aus dem Unterschenkel und N. ischiad. eines Frosches werden auf einer Korkplatte neben einander mit Nadeln befestigt, so dass sie mit ihrer vorderen Seite aufliegen, während die Pfoten frei beweglich nach unten herabhängen. Beide Nerven werden an ihrem oberen Ende über die Electroden eines Schlittenapparates gebrückt, und einem der beiden Nerven kann in der Nähe des Muskels durch zwei Electroden ein constanter Strom zugeleitet werden. Es wird der constante Strom dem zweiten Nerven in auf- oder absteigender Richtung zugeführt, alsdann werden beide Nerven oben stark tetanisirt. Die Muskeln des ersten Präparates gerathen in heftigen Tetanus, während die des zweiten in Ruhe bleiben, wenn der constante Strom stark genug gewählt wird, um den Durchgang der Erregung zu hemmen. Man lässt nun die Reizung der Nerven so lange andauern, bis das erste Präparat vollständig ermattet ist. Oeffnet man dann den constanten Strom im zweiten Nerven, so beginnt in den Muskeln desselben jetzt erst der Tetanus, der so lange anhält bis auch hier die Ermüdung eintritt. Daraus geht aber unmittelbar hervor, dass zu einer Zeit, in welcher die Muskeln der ersten Nerven vollständig ermüdet waren, dieser

Nerv selbst noch nicht beträchtlich ermüdet war, obgleich sich seine Thätigkeit nicht mehr zu erkennen gab; denn er musste sich zu dieser Zeit ebenso verhalten wie der zweite Nerv, der ebenso lange und ebenso stark gereizt war und der zu dieser Zeit im Stande war starken Tetanus in seinen Muskeln zu verursachen. Wir schliessen hieraus, dass der Muskel viel schneller ermüdet als der Nerv.

Zur Ausführung des Versuches bedient man sich am besten eines constanten Stromes von 1—2 Daniell'schen Elementen, der durch unpolarisirbare Electroden zugeführt wird. Auch kann man den Zweigstrom eines Reochords und einer stärkeren Kette benutzen. Die Rollenentfernung beträgt an einem kleinen Schlittenapparat etwa 80 — 60 mm. Die Zeit bis zur Ermüdung des ersten Präparates und die entsprechende des constanten Stromes im zweiten Nerven erreicht etwa die Dauer von 1 bis 2 Minuten. Für den Erfolg ist es ziemlich gleichgültig ob man den absteigenden oder aufsteigenden constanten Strom anwendet. Gegen die Zuführung des ersteren könnte man aber einwenden, dass dieser den Nerven an der oberen gereizten Stelle unerregbarer macht und dass er aus diesem Grunde länger reizbar bleibe, als der andere Nerv. Indessen ist die Entfernung zwischen constantem Strom und Reizstelle in allen Versuchen möglichst gross gewählt, so dass die Aenderung der Erregbarkeit an letzterer schon als verschwindend betrachtet werden kann. Frei von diesem Einwande ist die Anwendung des aufsteigenden Stromes, welcher die Erregbarkeit an der Reizstelle sogar erhöht, also eine schnellere Erschöpfung des Nerven an dieser Stelle herbeiführen müsste. Aber auch dieser Umstand, der zu Gunsten des Resultates spricht, dürfte bei der grossen Entfernung zwischen den Polpaaren von keinem Belang sein. Dagegen steht der aufsteigende Strom vor dem absteigenden dadurch im Nachtheil, dass bei seiner Oeffnung nicht nur eine stärkere Zuckung, sondern häufig auch ein Tetanus entsteht, welcher die Wirkung der Reizung verdecken könnte. Doch kann man sich in jedem Falle leicht davon überzeugen, ob man es mit einem Oeffnungstetanus zu thun hat, indem man den Schlüssel zum Tetanisiren abwechselnd schliesst und öffnet. Hängt der Tetanus nur von der Reizung ab, so verschwindet er beim Schluss, und diess ist bei den angegebenen Stromstärken meist der Fall. Das gleiche Resultat, welches beide Stromesrichtungen liefern, hebt daher alle Bedenken gegen die gezogenen Schlussfolgerungen auf.

A. Ermüdung des motorischen Nerven.

§ 3. Ermüdung des motorischen Nerven durch electrische Reizung.

Nachdem durch die vorangeschickten Versuche festgestellt war, dass der Ermüdungsvorgang im Nervenstamme sehr viel langsamer eintritt als in dem Muskel, stellte ich mir die Aufgabe, diesen Vorgang im Nerven als solchen zur Beobachtung zu bringen und dann den darauf folgenden Vorgang der Erholung zu verfolgen.

Zuerst versuchte ich wie in den vorigen Versuchen den Nerven anhaltend zu tetanisiren, während durch einen constanten Strom zwischen gereizter Stelle und Muskel letzterer in Ruhe erhalten wurde. Dabei ergiebt sich allerdings, dass nach Oeffnung des längere Zeit geschlossenen constanten Stromes die Reizung oberhalb unwirksam ist. Aber diese Unerregbarkeit rührt nicht etwa von der anhaltenden Reizung allein her, sondern auch von der Wirkung des constanten Stromes, welcher nach der Oeffnung eine Leitungsunfähigkeit zurücklässt, welche durch die Untersuchungen von Pflüger[1]) als »Abklingen des Electrotonus« bekannt ist. Dass sich dies so verhält, geht daraus hervor, dass der Hergang ganz derselbe bleibt, wenn man nur den constanten Strom ebenso lange durch den Nerven schickt und die Reizung oberhalb desselben ganz fortlässt. Nun kann man zwar die durch den Strom erzeugte Leitungsunfähigkeit auch als einen Ermüdungsvorgang betrachten; doch da wir es hier nicht mit einem solchen im gewöhnlichen Sinne zu thun haben, so wollen wir die Betrachtung desselben auf später verschieben.

In diesem und in allen folgenden Versuchen wurde am lebenden Thiere experimentirt, an welchem der Nerv am Oberschenkel blossgelegt war. Es wurde ein dünnes Gummiplättchen untergeschoben, auf welchem die Electroden befestigt waren. Der Plexus im Becken war in einigen Fällen durchschnitten, um willkürliche Bewegung und Reflexe auszuschliessen oder auch öfter unversehrt. Diese Methode des Versuchs am lebenden Thiere hat den grossen Vorzug, dass der Nerv nicht spontan abstirbt, und wurde namentlich desshalb angewendet, um eine vollständige Erholung desselben zu ermöglichen, die am ausgeschnittenen Organ selten zu beobachten ist. Aber man darf hierbei niemals ausser Acht lassen,

1) Untersuch. über die Physiol. des Electrotonus. s. S. 414.

dass die electrische Reizung in diesem Falle viele Fehlerquellen in sich schliesst.

Am einfachsten gelingt es nun eine Ermüdung des Nerven herbeizuführen, wenn man ihn an einer Stelle längere Zeit mit abwechselnd gerichteten Inductionsströmen reizt. Dies geschah etwa in der Mitte des Oberschenkels. Die Muskelzuckung nimmt nach wenigen Minuten an Höhe bedeutend ab. Ist die Reizung beendet, so lässt sich durch Reizung einer tiefern Stelle des Nerven wieder eine beträchtliche Muskelzuckung hervorrufen. Schiebt man aber die Electroden unter den Plexus, so erhält man entweder gar keine oder nur sehr kleine Zuckungen, und indem man die Reizung an dieser Stelle von Zeit zu Zeit wiederholt, lässt sich in vielen Fällen die Wiederherstellung der Leitung beobachten.

In diesen Versuchen wurde der Frosch horizontal auf dem Bauche befestigt, der Oberschenkelknochen wurde mit einem dicht um ihn herumgeführten Bande, welches durch zwei Löcher des Froschbrettes hindurchging, durch einen Knebel unbeweglich fixirt und ebenso der Unterschenkelknochen dicht am Fusse, nachdem die Sehne des M. gastron. durch einen Hautschlitz herausgezogen und abgeschnitten war. Von der Sehne ging ein Faden horizontal über eine kleine Rolle zum Hebel eines Pflüger'schen Myographion's, auf dessen berusster Tafel die Zuckungshöhe sich aufzeichnete. Die Belastung bestand aus dem etwas beschwerten Hebel = 35 grm. Der Nerv wurde am Oberschenkel ohne Blutung freigelegt, und ebenso der Plexus, welcher nicht durchschnitten wurde. Als Electroden dienten zwei Platindrähte in 2 mm. Entfernung von einander auf dem Kautschukplättchen befestigt, das unter den Nerven geschoben wurde.

Versuch 1.

Die Reizung des Nerven in seiner Mitte (m) mit übereinandergeschobenen Rollen eines Schlittenapparates bei 1 Daniell und Helmholtz'scher Einrichtung (R. H. o mm.) dauerte von 12 h. 12' — 12 h. 19'. Die Hubhöhe (H) sank von 15 mm. — 5 mm.

Reizung oben am Plexus (o) R. H. 120 mm.

Zeit d. Rz.	H.	
12 h. 21'	2 mm.	Die Reizungen geschehen durch kurzes Oeffnen des Schlüssels zum Tetanisiren.
— „ 24	1,5 „	
— „ 30'	8 „	
— „ 35'	12,5 „	
— „ 40'	13 „	

Reizung m. R. H. o.

Zeit d. Rz.	H.
12 h. 50'—58'	16,5—5 mm.

Reizung u (unten), R. H. 120.

12 h. 59'	13 mm.

Reizung o. R. H. 120.

Zeit	H.
1 h. —	1,5 mm.
— „ 2'	1,5 „
— „ 3'	0,5 „
— „ 5'	0,5 „
— „ 10'	6 „
— „ 15'	8 „
— „ 20'	8 „
8 h. —	15 „

Versuch 2.
Alles ebenso.

o (oben.) R. H. 120.

	H.
11 h. 15'	14 mm.

m. (Mitte.) R. H. o.

11 h. 17,5'—25'	15 — 4,5 mm.

u. (unten.) R. H. 120.

11 h. 26'	9 mm.

o. R. H. 120.

11 h. 27'	0,5 mm.
— „ 30'	9 „
— „ 38'	14 „

m. R. H. o.

11 h. 44'—54'	15,5—2 mm.

u. R. H. 120.

11 h. 55'	13 mm.

o. R. H. 120.

11 h. 56'	0 mm.
— „ 57'	0 „
12 „ —	0 „
— „ 5'	0 „
— „ 10'	0 „
— „ 15'	1 „
— „ 20'	8 „
— „ 22'	8,5 „
— „ 26'	10 „
— „ 30'	11 „
— „ 40'	11,5 „

Man erkennt aus den angeführten Versuchen, dass eine Tetanisirung des Nerven von etwa 5—10 Minuten Dauer mit den Strömen der secundären Spirale eines Schlittenapparates, der mit einem Daniell und Helmholtz'scher Einrichtung versehen ist, eine merkliche Ermüdung herbeiführt, welche sich durch herabgesetzte oder aufgehobene Leitungsfähigkeit kund giebt. Durch diese Reizung wird auch der Muskel beträchtlich ermüdet, aber schon in der nächsten Minute hat er sich so weit erholt, dass eine Reizung unterhalb der tetanisirten Nervenstelle schon wieder eine ansehnliche Hubhöhe gibt. Dagegen liefert die Reizung des Plexus, welche vor-

her starke Contraktionen hervorrief, gar keine oder nur schwache Wirkungen am Muskel, woraus hervorgeht, dass es sich im Wesentlichen um eine Ermüdung des Nerven handelt. Nach der Tetanisirung wird der Nerv jedesmal in die Wunde am Oberschenkel eingebettet, damit er sich unter möglichst günstigen Bedingungen wieder erhole. Ein Austrocknen des Nerven während der Tetanisirung kann nicht stattfinden, da derselbe in seiner ganzen Länge auch auf dem Electrodenplättchen von Lymphflüssigkeit reichlich umflossen ist.

Die Reizung des Plexus, welche von Zeit zu Zeit erfolgt, giebt uns den Gang der Erholung an. Wir finden, dass sie in der ersten Zeit sehr langsam vor sich geht, oft ganz unmerklich ist. In den ersten 5—10 Min. erhielten wir nur sehr schwache oder gar keine Contraktionen, zuweilen zeigten sich Anfangs schwache Contraktionen, welche kleiner wurden oder verschwanden, was man als eine Nachwirkung der Tetanisirung ansehen kann. Dann kommt plötzlich ein Zeitpunkt, in welchem die Contraktion wieder erscheint und innerhalb eines kleinen Zeitraums ziemlich schnell wächst, so dass in 5—10 Minuten schon eine beträchtliche Hubhöhe erreicht ist. Von da ab wächst dieselbe langsam bis zu ihrem normalen Maximum.

Wir ersehen also hieraus, dass der Erholungsprocess im Nerven Anfangs sehr langsam vor sich geht, dann in einer verhältnissmässig kurzen Zeit schnell ansteigt und schliesslich immer langsamer vorschreitet, indem der Nerv sich seinem Normal-Zustande nähert.

Wir haben nun nachträglich noch die Versuchsmethode in einem Punkte zu rechtfertigen.

Bei Anwendung des electrischen Reizes in der beschriebenen Weise beschränkt sich die Reizung nicht auf die zwischen den Electroden gelegene Nervenstrecke, sondern es breiten sich die Ströme von dieser auch nach beiden Seiten hin aus, um sich durch die Körpermasse des Thieres abzugleichen. Nichtsdestoweniger ist die Stromesdichte in dem zwischen den Electroden gelegenen Nervenstück unter allen Umständen am grössten, da dieses durch Kautschuk von der Körpermasse isolirt ist. Von den Electroden aus gehen aber auch nach beiden Seiten durch den Nerven Ströme von nicht unbeträchtlicher Dichte bis zu der Stelle, wo der Nerv den leitenden Körper wieder berührt und die Stromdichte plötzlich in bedeutendem Maasse absinkt. Der Nerv wird also nur in der

auf dem Plättchen befindlichen Strecke von etwa 3 mm. stark gereizt.

Bei der Tetanisirung des Nerven mit kräftigen Strömen, die eine Ermüdung hervorrufen sollen, gehen nun freilich ziemlich starke Stromzweige durch den ganzen Oberschenkel, dessen Muskeln auch in Tetanus verfallen. Dennoch beschränkt sich die ermüdende Wirkung der Ströme nur auf die Nervenstelle in der Nähe der Electroden, da wir finden, dass eine mässige Reizung unterhalb dieser Stelle nach der Ermüdung noch gute Contraktionen liefert. Es entsteht ferner während der Reizung ein reflectorischer Tetanus, der aber bald nachlässt und den Versuch nicht stört. Oft giebt das Thier die heftige Schmerzempfindung durch Quaken zu erkennen. Die Prüfung der Leitung im Nerven durch Reizung des Plexus geschieht mit denselben Electroden in einer mässigen Reizstärke, die im Stande ist nahezu maximale Contraktionen zu erzeugen. Die Erregung bleibt hier fast nur auf den Plexus beschränkt, da die Zweigströme in dem Körper des Thieres an Dichte ausserordentlich verlieren. Dass in den Oberschenkel jenseits der ermüdeten Stelle keine merkliche Stromzweige hindringen, beweist eben der Umstand, dass die Reizung Anfangs unwirksam ist.

Die Methode, die schwächsten Ströme zu ermitteln, die eine Contraktion liefern, habe ich in vorliegendem Falle sehr bald verlassen, erstens weil die Aufsuchung jener zu viel Zeit beansprucht und zweitens weil die Resultate in Folge der guten Nebenleitungen und Aenderungen des Widerstandes zwischen den Electroden viel zu unsicher werden. Die zur Reizung angewendete Stromstärke ist dagegen eine solche, welche durch kleine Aenderungen des Widerstandes zwischen und ausserhalb der Electroden nicht der Art schwanken kann, dass dadurch ein wesentlicher Einfluss auf die Hubhöhe ausgeübt werden könnte. Man überzeugt sich davon durch die Thatsache, dass man längere Zeit hintereinander von derselben Stelle des Nerven aus mit jener Reizstärke nahezu gleich hohe Zuckungen erhält, selbst wenn man den Nerven auf dem Gummiplättchen mehr oder weniger stark befeuchtet. Kleine Schwankungen der Hubhöhe kommen in unsern Versuchen überhaupt nicht in Betracht, da die eintretenden Aenderungen sehr bedeutend ausfallen. Es versteht sich freilich von selbst, dass für genauer messende Versuche die Methode der Reizung innerhalb des Körpers gänzlich zu verwerfen ist.

Es sind schliesslich zur Reizung des Plexus nicht einzelne Inductionsschläge, sondern Wechselströme des Schlittens angewendet worden, indem der Schlüssel zum Tetanisiren kurze Zeit geöffnet ward, bis die jedesmalige Hubhöhe erreicht war. Dadurch konnte ich von der Anwendung unpolarisirbarer Elektroden, die manche Unbequemlichkeiten bereiten, Abstand nehmen. Neben der äusseren Polarisation an den Metallelektroden war damit auch jede elektrotonische Wirkung, welche gleichgerichtete Inductionsströme hervorrufen, vermieden. Diese Art der Prüfung für die Leitungsfähigkeit des Nerven wurde desshalb in den spätern Versuchen ebenfalls beibehalten.

Es muss nun in Betreff der Resultate noch bemerkt werden, dass es nicht immer gelingt, eine Erholung des ermüdeten Nerven zu beobachten, und dass es hierbei wesentlich auf die Dauer und Stärke der ermüdenden Reizung ankommt[1]), natürlich auch auf den Zustand des Thieres resp. der Nerven desselben. Zeigt sich in der ersten halben Stunde nach der Reizung keine Wiederherstellung der Leitung, so bleibt die Erholung in physiologischem Sinne für gewöhnlich aus, selbst wenn man die Beobachtung bis auf 6—8 Stunden hin ausdehnt. Der Nerv ist dann an der gereizten Stelle abgestorben; der Vorgang wird hiermit ein pathologischer und es bedarf einer Art Regeneration ähnlich der nach der Durchschneidung, um den Nerven wieder leitungsfähig zu machen. Diesen Vorgang auch in histologischer Beziehung zu untersuchen, wäre nicht ohne Interesse.

Hat die Tetanisirung zu kurze Zeit gedauert oder sind zu schwache Ströme dabei angewendet worden, so findet man eine geringe oder gar keine merkliche Ermüdung im Nerven vor, indem man von der oberen und unteren Nervenstelle aus nur wenig verschiedene Hubhöhe erhält. Man muss daher unter gegebenen Bedingungen durch mehrmaliges Probiren die geeignete Stromstärke und Dauer der Reizung herausfinden, die dann für die meisten Fälle anwendbar bleibt.

---

1) Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass Contraktionen, welche man von der ermüdeten Stelle aus erhalten kann, kein Zeichen für noch bestehende Erregbarkeit derselben sind wegen der nach der Peripherie hingehenden Stromzweige.

Es versteht sich von selbst, dass die Erscheinung der Ermüdung und Erholung des Nerven sich im Allgemeinen auch ohne Myographion am Verhalten des Thieres beobachten lässt. An einem Frosch wurde der rechte Ischiad. in der Mitte des Oberschenkels 5 Min. lang (12 h. 45—50 V. m.) mit R. H.-O. tetanisirt. Das im Uebrigen unversehrte Thier, dessen Wunde zugenäht wurde, war unmittelbar darauf am Unterschenkel gelähmt und ganz unempfindlich gegen jeden Reiz, auch gegen Betupfen mit Essigsäure. Am nächsten Tage um 11 h. V. m. war Bewegung und Empfindung am Unterschenkel wieder vollkommen hergestellt.

An einem andern Thiere dagegen dauerte die Reizung 30 Min. (11 h. 50—12 h. 20 V. m.). Die eingetretene Lähmung bestand am nächsten Tage noch fort, am dritten Tage aber zeigte sich schon eine geringe Beweglichkeit in den Zehen. Gegen Druck war der Unterschenkel noch ganz unempfindlich, doch schienen elektrische Hautreize schon wirksam zu sein. Das Thier hatte nach längerer Zeit Bewegung und Empfindung vollständig wieder erhalten, war aber nicht genau beobachtet worden. Wahrscheinlich lag hier bereits ein Regenerationsprocess im Nerven vor, doch ist es immerhin wahrscheinlich, dass zwischen der physiologischen Ermüdung und dem völligen Absterben und ebenso zwischen der physiologischen Erholung und der Regeneration keine ganz scharfe Grenze existirt und dass diese Vorgänge allmählig in einander übergehen. Daraufhin würde es besonderer Untersuchungen bedürfen.

Wir schliessen an die elektrische Reizung einige Beobachtungen über den Zustand des Nerven nach längerem Durchleiten eines constanten Stromes. Der letztere wurde dem Nerven am Oberschenkel zugeführt, nachdem unter denselben ein breites Kautschukplättchen geschoben war. Am Rande des Plättchen auf der einen Seite vom Nerven befanden sich zwei kleine quadratische Zinkplättchen von 2 Mm. Seite im Abstand von 1 Cm., welchen durch feine angelöthete Drähte der Strom der Kette zugeleitet werden konnte. Auf die Zinkplättchen legte ich entweder kleine mit Zinkvitriol getränkte Scheibchen Fliesspapier oder auch damit getränkte Thonstückchen und auf diese ein dünnes Röllchen von gewöhnlichem Elektrodenthon, welches senkrecht gegen den Nerven gelagert ihm den Strom zuführte. Diese Vorrichtung blieb trotz Bewegungen des Thieres und Contraktionen am Oberschenkel unverschoben liegen, hielt sich durch die auf dem Kautschukplättchen verbreitete Lymphflüssigkeit

genügend feucht oder wurde auch, wenn nöthig, von Zeit zu Zeit angefeuchtet. Alle Vorrichtungen und Anordnungen bleiben im Uebrigen wie bisher.

Versuch 3.

o. R. H. 120.

	H.
11 h. 56,5'	11,5 mm.
C. 4 D.	↓ m.[1])
11 h. 57'	10 S[2])
12 h. 2'	8 O[3])

o. R. H. 120.

12 h. 2'	0 mm.
12 h. 5'	9 „

m

12 h. 6'	— S.
— „ 12'	8,5 O.

o.

12 h. 12'	0 mm.
— „ 13'	0 „
— „ 14'	0 „
12 „ 15'	0 „

Nerv eingebettet.

12 h. 17,5'	0 mm.
— „ 20'	0 „
— „ 25'	0 „
— „ 30'	3,5 „
— „ 35'	9,5 „
— „ 40'	11,5 „
— „ 45'	12,5 „

Versuch 4.

o. R. H. 120.

Z.	H.
12 h. 51.	11 mm.
m. C.	4 D. ↓
12 h. 52'	10 S.
1 „ 2'	7 O.

o

1 h. 2'	0 mm.
— „ 5'	0 „

Nerv eingebettet.

1 h. 10'	0 mm.

alle 5' geprüft

. .
. .
. .

— h. 40'	0 mm.

Pause bis

5 h. 25'	6,5 mm.

Versuch 5.

o. R. H. 120.

12 h. 45,5'	14 mm.
m. C. 4 D.	↓
12 h. 46'	13,5 S.
1 „ 1'	5,5 O.

o.

1 h. 1'	0 mm.

Nerv eingebettet
Prüfung von 5 zu 5'

. .
. .
. .

1 h. 40'	0 mm.
— „ 50'	0 „
2 „ —'	0 „
5 „ 30'	2 „

---

1) Constante Strom von 4 Daniell absteigend durch die Mitte des Nerven am Oberschenkel.

2) Schliessung.

3) Oeffnung des Stromes.

Versuch 6.

o. R. H. 120.
12 h. 19' 14,5 mm.
m. C. 4 D. ↑
12 h. 19,5' 14,5 S.
Tetanus.
— h. 21' Zuck. Ruhe.
— „ 34,5' —
o. R. H. 120.
12 h. 35' 0 mm.
— „ 36' 0 „
Nerv eingebettet.
— h. 40' 0 mm.
— „ 45' 0 „
— „ 50' 0 „
12 „ 55' 0 „
1 „ 0' 2 „
— „ 5' 4 „
— „ 10' 8 „
— „ 15' 7,5 „
— „ 20' 8 „
— „ 25' 6,5 „

Versuch 7.

o. R. H. 120.
11 h. 38' 15,5 mm.
m. C. 4 D. ↑
11 „ 38,5' 17 S.
— „ 40' Tetanus
Ruhe
— h. 58,5' 5 O.
o. R. H. 120
— „ 59' 0 mm.
12 „ 0 „
Nerv eingebettet
12 h. 5' 6 mm.
— „ 10' 8 „
— „ 15' 0 „
alle 5'
. .
. .
. .
1 h. 0 mm.

Versuch 8.

o. R. H. 120,
12 h. 17' 15 mm.
m. C. 4 D. ↓
12 h. 18' 6,5 S.
— „ 23' 11,5 O. tetan.
o.
— h. 23' 7,5 mm.
m.
— „ 24' — S.
— „ 30' 9 O.
o.
12 h. 30,5' 6 mm.
m.
— „ 31' — S.
einzelne Zuckungen
— h. 39' 8 O.
o.
— h. 39 0 mm.
— „ 41 0 „
Nerv eingebettet
alle 5' bis
1 h. 15' 0 mm.
4 „ 20' 0 „

Wir erkennen aus den angeführten Versuchen, dass der constante Strom im Allgemeinen einen ähnlichen Zustand im Nerven hinterlässt, wie die andauernde Tetanisirung. Der Nerv wird an der durchströmten Strecke für eine gewisse Zeit leitungsunfähig, gleichgültig welche Richtung der Strom gehabt habe. Auch hier handelt es sich im Wesentlichen nur um die zwischen den Polen und in ihrer Nähe gelegene Nervenstrecke, da man von Punkten unterhalb dieser Stelle auch unmittelbar nach Oeffnung des Stroms mit den

angewendeten Reizen stärkere Contraktionen erhielt, was in den Versuchen nicht mit notirt ist. Freilich haben wir auch in den extrapolaren Strecken nach der Oeffnung Aenderungen der Erregbarkeit, die sog. Modificationen, zu erwarten, aber diese sind nicht stark genug, um sich bei der benutzten Reizstärke in der myopolaren Streke bemerklich zu machen, und die Stromzweige, welche vom constanten Strom in die extrapolaren Strecken übergehen, verlieren so erheblich an Dichtigkeit, dass sie keine bemerkbaren Wirkungen hinterlassen können. Daraus geht aber hervor, dass die Reaction des Plexus gegen die einwirkende Reizung von R. H. 120 sich nach der Oeffnung nicht wesentlich geändert haben kann, da er von der intrapolaren Strecke viel weiter entfernt ist, als alle Punkte der myopolaren Strecke. Die Wirkung des Stroms beruht also im Wesentlichen in der Undurchgängigkeit der durchflossenen Nervenstelle. Aber dies gilt nur, wie ausdrücklich hervorgehoben werden muss, für die angegebenen Bedingungen der Stromstärken u. s. w., und man dürfte nicht unterlassen bei Aenderung dieser Bedingungen eine erneute Prüfung und Kritik der Versuche in dieser Hinsicht vorzunehmen. Wenn wir nun die Folge der elektrischen Tetanisirung des Nerven als eine Ermüdung bezeichnet haben, so waren wir insofern dazu berechtigt, als wir wissen, dass mit dieser Art der künstlichen Reizung ein Erregungszustand verbunden ist, den wir mit dem natürlichen Erregungszustand für identisch halten. Doch dürfen wir keineswegs die Möglichkeit ausser Acht lassen, dass mit der elektrischen Reizung noch andere Vorgänge verbunden sein können, die im natürlichen Zustande nicht vorkommen. Dies gilt aber hauptsächlich für diejenige Nervenstrecke, welche vom Strome selbst durchflossen wird. Nun sehen wir, dass zwischen dieser Stelle und dem Muskel mit unsern Hilfsmitteln kaum eine Ermüdung im Nerven zu constatiren ist, und dass nur die durchflossene Stelle an Leitungsfähigkeit eingebüsst hat. Daraus würde folgen, dass entweder der Erregungsprocess innerhalb der direkt gereizten Strecke eine sehr viel grössere Intensität besitzt, als ausserhalb derselben, wohin er sich durch Leitung fortpflanzt, oder dass in jener Strecke noch anderweitige Vorgänge von ähnlicher Wirkung stattfinden. Diese Frage zu entscheiden sind wir vor der Hand nicht im Stande.

In noch höherem Grade haben wir den eben angeregten Punkt zu berücksichtigen, wenn es sich um die Einwirkung des constanten Stromes handelt. Denn die abwechselnd gerichteten Inductions-

ströme heben wenigstens jede polarisirende Wirkung im Innern des Nerven gegenseitig auf, so dass die Zustände an beiden Elektroden gleich sein müssen. Der constante Strom aber erzeugt an beiden Polen uns bekannte verschiedenartige Zustände, auf deren Bedeutung wir an diesem Orte nicht weiter eingehen wollen.

Unter dem Vorbehalte nun, welcher in obiger Auseinandersetzung ausgesprochen ist, wollen wir die Wirkung der elektrischen Reizung als eine Form der Ermüdung betrachten, welche als eine Herabsetzung der Leitungsfähigkeit zur Beobachtung kommt. Der darauf folgende Vorgang, in welchem sich die Leitungsfähigkeit allmählig wiederherstellt, können wir unter allen Umständen als eine Erholung bezeichnen.

Nach der Tetanisirung des Nerven vollzieht sich der Erholungsvorgang in einem bestimmten Gange, den wir uns durch eine Curve darstellen können. Von Versuch 1 giebt die Fig. 1 ein graphisches Bild, in welchem die Abscisse die Zeit in Minuten, die Ordinaten die Hubhöhen des Muskels auf Nervenreizung am Plexus darstellen. Nach einer Reizung von 7 Minuten wird in der 9. Minute die Curve der Erholung aufgenommen. Wir sehen, dass sie Anfangs noch etwas sinkt, um dann bis zur 18. Minute schnell zu steigen und von da ab langsamer in die Höhe zu gehen. Nach einer Pause und nochmaligen Tetanisirung von der 38. bis 46. Minute zeigt sich eine ganz ähnlich ablaufende Curve der Erholung, die im Allgemeinen langsamer ansteigt. Fig. 2 giebt uns den Vorgang des Versuches 2 in derselben Weise wieder. Nach der zweiten Tetanisirung bleibt 16 Minuten lang jedes Lebenszeichen aus. Plötzlich beginnt nach 21 Minuten (Minute 60) eine schwache Erholung sich zu zeigen, welche in den nächsten 5 Minuten schnell anwächst, um dann immer langsamer in die Höhe zu gehen.

Die Curve der Erholung nach starker Ermüdung erhebt sich also nach unten convex langsam von der Abscisse, steigt ziemlich schnell steiler werdend empor und indem sie durch einen Wendepunkt gehend nach unten concav wird, schliesst sie sich immer langsamer ansteigend asymptotisch einem Maximum an.

Wir erkennen hierin einen zeitlichen Ablauf wie er bei anderweitigen Vorgängen in der Natur nicht selten austritt.

Ist die Ermüdung keine sehr starke, wie Versuch 2 nach der ersten Reizung, so ist der erste Theil der Erholungscurve sehr viel

kürzer, doch können wir voraussetzen, dass er vorhanden ist, und er würde daher in diesem Versuche zwischen der 10. und 12. Minute zu ergänzen sein, von wo ab die Curve steil aufsteigt. Je geringer die Ermüdung, um so weniger wird dieser Theil der Curve ausgeprägt sein. Die Richtigkeit der Curven wird zum Theil beeinträchtigt durch die Ermüdung des zeichnenden Muskels. Doch haben wir in den Versuchen 1 und 2 angegeben, dass die Reizung des Nerven unterhalb der ermüdeten Stelle eine beträchtliche Hubhöhe giebt, die nur um weniges geringer ist, als die Hubhöhe vor der Ermüdung. Der Muskel erholt sich also nach der Tetanisirung verhältnissmässig sehr schnell, nichtsdestoweniger ist Ermüdung desselben vorhanden und muss daher die Erholungscurve des Nerven in der ersten Zeit, freilich in schnell abnehmendem Grade, beeinflussen. Der erste Abschnitt der Curve könnte also durch diesen Einfluss niedriger erscheinen, als er in Wirklichkeit ist. Aber dieser Einfluss fällt gänzlich fort, wenn wie in Fig. 2 nach der zweiten Reizung (29. bis 39. Min.) innerhalb 16 Min. die Zuckungen ganz ausbleiben, weil schon in viel kürzerer Zeit die Erholung des Muskels eine vollständige geworden sein muss, zumal eines Muskels, der unter normalen Bedingungen der Ernährung vom Blute aus fortlebt.

Auch das anfängliche Herabsinken der Curve in Fig. 1 zeigt, dass der Einfluss der Muskelermüdung nur gering ist, denn diese Erscheinung kann nur vom Nerven abhängen.

Eine andere Frage ist die, in wiefern die Hubhöhen des Muskels dem Zustande des Nerven entsprechend ausfallen. Dass diese Höhen der Grösse des Erholungszustandes direkt proportional seien, wird Niemand annehmen, dass sie aber mit jener Grösse in gleichem Sinne sich ändern, wird Jeder gern zugeben. Das wirkliche Bild der Erholungscurve sehen wir also nicht vor uns, sondern nur ein in die Sprache des Muskels übersetztes. Wir dürfen aber auch annehmen, dass die allgemeine Form desselben nahezu mit der der wirklichen Curve übereinstimmt, ohne zu wissen, welche Funktion beide mit einander verbindet.

Die Ergebnisse, welche die Anwendung des constanten Stromes geliefert, wollen wir in gleichem Sinne behandeln. Unter dem oben angegebenen Vorbehalt bezeichnen wir die Leitungsunfähigkeit, welche sich nach der Durchströmung einstellt, als eine Form der Ermüdung, obgleich meistens kein äusseres Zeichen der Erregung (abgesehen von einigen Fällen von Tetanus) eingetreten war. Auch soll

mit dieser Bezeichnung Nichts die Theorie des Elektrotonus betreffendes ausgesagt sein, ebensowenig darüber, an welchem Orte in der durchflossenen Strecke jene Aenderung stattfindet. Die Wiederherstellung bezeichnen wir daher kurzweg nach als „Erholung“.

Die Fig. 3 giebt uns das Bild der Erholungscurve von Versuch 3. Nach einer 5 Min. langen Durchströmung in absteigender Richtung, tritt die Erholung von 0 bis 9 Mm. in 3 Min. sehr schnell ein. Nach einer nochmaligen eben so langen Schliessung aber, bleibt 13 Min. lang jede Leitung aus, und nun erhebt sich die Erholungscurve in ganz derselben Form, wie wir sie nach der Tetanisirung kennen gelernt haben. Der Erholungsvorgang ist also in beiden Fällen in seinem zeitlichen Verlauf ein gleicher, und daher seinem Wesen nach ein mindestens ähnlicher.

In Fig. 4 vom Vers. 6 sehen wir nach längerer Durchleitung in aufsteigender Richtung eine Anfangs ebenso verlaufende Erholungscurve erscheinen. Sie erreicht aber nicht das vorher beobachtete Maximum und sinkt sogar von diesem wieder etwas herab, offenbar die nachwirkende Folge der 15 Min. langen Durchströmung, der unmittelbar eine 20 Min. lange Leitungsunterbrechung folgte.

In diesen Versuchen wird die Erholungscurve durch Muskelermüdung nicht gestört, da der Muskel in Ruhe verharrt. Aus diesem Grunde lässt sich hier auch eine Ermüdungscurve in obigem Sinne aufnehmen, welche uns in den Tetanisirungsversuchen deshalb fehlt, weil sich ihr die Ermüdungscurve des Muskels beimischen würde. Fig. 5 giebt uns von Versuch 8 die Curve der Ermüdung während der Durchleitung des constanten Stromes. Wir sehen, dass sie in diesem Falle Anfangs schnell, dann langsamer und schliesslich wieder schneller bis auf Null herabsinkt. Bei jeder Prüfung muss, wie Fig. 8 angiebt, der constante Strom eine kleine Zeit geöffnet sein, denn wir wollen den Zustand des Nerven nach einer eine gewisse Zeit dauernden Stromeinwirkung kennen lernen, nicht den während der Stromesdauer, in welchem er den angewendeten Reiz überhaupt nicht durchlässt. Das bedingt einen kleinen Fehler, indem der Nerv Gelegenheit hat, sich in der Pause etwas zu erholen. Auch stört hier die Oeffnungszuckung, noch mehr zuweilen der Oeffnungstetanus.

§. 4. Anwendung des mechanischen Reizes.

Obgleich jede künstliche Reizung des Nervenstammes als ein sehr grober Eingriff gegenüber der natürlichen Erregung erscheint, so nimmt doch die elektrische vor den übrigen in so fern eine besondere Stellung ein, weil sie in mässiger Stärke angewendet nur sehr schnell vorübergehende Aenderungen der Molekularconstitution erzeugt und sich hierdurch der natürlichen Reizung in hohem Grade nähert. Leider bringt aber ihre Anwendung manche Fehlerquellen der Versuche mit sich, und schon darum können wir der übrigen Reize nicht entbehren. Doch abgesehen davon ist es an sich von nicht geringem Interesse, auch die ermüdende Wirkung der andern Reize und die Art der Erholung nach solchen Eingriffen kennen zu lernen.

Die mechanische Reizung ist offenbar der gröbste Eingriff von allen, denn es handelt sich dabei immer um eine geringere oder grössere Zerstörung der Struktur der Nervenfaser, durch welche ein Erregungsprocess ausgelöst wird. Um so wichtiger erscheint es uns zu untersuchen, mit welcher Geschwindigkeit sich solche Störungen auszugleichen vermögen.

Die Vorbereitungen zum Versuche sind die gleichen wie früher. Am Oberschenkel wird unter den freigelegten Nerven ein festes Korkplättchen gelegt, um darauf denselben mechanisch zu reizen. Den Heidenhain'schen Tetanomotor konnte ich leider dazu nicht verwenden, da er seiner Dimensionen wegen nicht gut anzubringen war. Ich beschränkte mich daher darauf, den Nerven mit einem Messerrücken zu klopfen, was den Zweck genügend erreichte. Eine Verlängerung des Hammers am Tetanomotor, welche zur Reizung geeignet wäre, liesse sich wohl ausführen. Die Prüfung der Leitungsfähigkeit geschah wie bisher vom unversehrten Plexus aus.

Versuch 9.

Zeit.	H.	
o. R. H. 120.		m.
12 h. 2'	15 mm.	mech. Rz.
— „ 4'	12 „	mech. Rz.
— „ 5'	1,5 „	mech. Rz.
Nerv eingebettet		
— „ 6'	4 mm.	
— „ 7'	2 „	
— „ 9'	1 „	
— „ 15'	0 „	
12 h. 20'	0 mm.	
— „ 25'	0 „	
— „ 30'	0 „	
— „ 35'	0 „	
— „ 40'	4 „	zuckend.
— „ 43'	6 „	
— „ 45'	8 „	
— „ 47,5'	11 „	
— „ 50'	11,2 „	
— „ 55'	11 „	
1 „ 5'	10,5 „	

Versuch 10.
o. R. H. 120.

12 h. 26′	17 mm.	
Mech. Rz. m.		
— h. 29′	16,5 „	
Mech. Rz. m.		
— h. 33′	14,5 „	
Pause		
— „ 39′	13 „	
Mech. Rz. m.		
— h. 41′	11 mm.	mech. Rz. m.
— „ 43′	10 „	mech. Rz. m.
— „ 44′	9 „	mech. Rz. m.
Nerv eingelegt.		
— h. 49′	9 mm.	
— „ 55′	9 „	
1 „ 10′	12,5 „	

Versuch 11.
o. R. H. 120.

12 h. 25′	14 mm.	mech. Rz. m.
— „ 26,5′	13,5 „	mech. Rz. m.
— „ 27,5′	13 „	mech. Rz. m.
— „ 29′	12 „	mech. Rz. m.
— „ 30′	11,5 „	mech. Rz. m.
— „ 31′	5,5 „	mech. Rz. m.
Nerv eingelegt		
— h. 32′	10 „	
— „ 34′	11 „	
1 „ 10′	11,5 „	

Die Curve des Versuchs 9 in Fig. 6 lehrt uns den Gang der Ermüdung und Erholung in Folge mechanischer Reizung des Nerven. Die Ermüdung tritt scheinbar Anfangs langsam, dann schnell ein. Dieser Verlauf kann vorläufig nicht als etwas Gesetzmässiges aufgefasst werden, denn erstens mischt sich ihm die Ermüdung des Muskels bei, da jedem Schlage eine Zuckung folgt und zweitens ist die mechanische Reizung zu ungleichmässig in ihrer Wirkung (der Tetanomotor würde sie schon regelmässiger machen). Nachdem durch 3 Min. lange Reizung die Leitung fast aufgehoben war, tritt unmittelbar danach eine kleine Erholung auf, die aber bald wieder schwindet. In dem Abfall von 4 bis 0 Mm. von der 4. bis 13. Min. haben wir eine »Nachwirkung« der mechanischen Ermüdung vor uns, an welcher wir den Gang derselben rein ohne fremden Einfluss wahrnehmen können, da der Muskel sich inzwischen genügend erholt hat. Sie sinkt mit abnehmender Geschwindigkeit herab in langsamerem Grade als es eine logarithmische Curve thun würde. Nachdem sie die Nulllinie erreicht hat, bleibt 20 Minuten lang jede Leitung aus, dann erhebt sich die Curve der Erholung mit scheinbar plötzlich zunehmender Geschwindigkeit innerhalb 23—24 Min., um sich dann einem Maximum anzuschliessen. Denkt man sich diese Curve in ihrer wirklicher Gestalt, so erhält man ganz dieselbe wie wir sie nach elektrischer Ermüdung gefunden; sie steigt erst mit zunehmender und dann nach einem Wendepunkte mit abnehmender

Geschwindigkeit auf, Auch die eigenthümliche Nachwirkung tritt hier in ähnlicher Form auf wie in Fig. 1 von Versuch 1, und erscheint hier als eine schnell vorübergehende Erholung.

Im Versuch 10 und 11 ist die Reizung eine viel mildere gewesen, obgleich zum Theil länger dauernd, die Erholung daher sehr viel schneller eingetreten. Es bedarf übrigens eines längeren Probirens, bis man diejenige Reizstärke herausfindet, welche zu deutlichen Resultaten führt, ohne dass man den Nerv zu stark beschädigt.

§. 5. Einwirkung chemischer Reize.

Mit besonderer Erwartung ging ich zu der Anwendung chemischer Eingriffe auf den Nerven über, wählte aber hierzu nicht solche Substanzen, welche auf den Nerven gebracht starke Erregungen, durch Muskelzuckungen erkennbar, hervorrufen, sondern solche, welche ohne sichtbar zu erregen die Leitungsfähigkeit herabsetzen. Dies geschah in der Absicht, um die Curve des Nervenzustandes nicht durch die Muskelermüdung zu beeinträchtigen. Es wurde daher nicht ClNa-lösung oder andere Salzlösungen angewendet; ich wählte vielmehr nach mehrfachen Proben eine 10%ige Milchsäurelösung, welche auf den Nerven gebracht durchaus keine Zuckungen erzeugt und deren Wirkungen wir aus den folgenden Versuchen gleich ersehen werden. Veranlassung zur Wahl von Milchsäure gab mir die durch Herrn J. Ranke bekannt gewordene Thatsache der ermüdenden Wirkung dieses Stoffes auf den Muskel[1]). Dass Säuren die Erregbarkeit des Nerven herabsetzen, ebenso wie eine grosse Zahl anderer Reagentien ist von allen Untersuchern gesehen worden, welche sich mit der chemischen Reizung beschäftigt haben, worüber auch Herr Ranke[2]) Versuche anführt. Obgleich in solchen Versuchen die Wirkung eine ganz augenscheinliche ist, indem der Nerv schliesslich abstirbt, so darf man doch bei der Bestimmung der Er-

---

1) Arch. v. Reich. du Bois 1864. S. 320.

2) Lebensbedingungen der Nerven. Leipzig 1868. S. 58. — Hier finden sich auch einige Versuche, in welchen die nach Strychnin-Tetanus herabgesetzte Erregbarkeit motorischer Froschnerven sich durch Liegen in 0,7% ClNa-Lösung in einer Stunde wieder erhöht. Es bleibt aber jedenfalls fraglich, ob die beobachtete Ermüdung und Erholung den Nerven oder den Muskeln angehört.

regbarkeit durch electrische Ströme nicht vernachlässigen, dass der electrische Widerstand des Nerven durch die Reagentien bedeutend vermindert sein kann, was zu Täuschungen führen könnte, wenn es sich um Constatirung erhöhter Erregbarkeit handelt, dagegen a fortiori beweisend ist bei Beobachtung verminderter Erregbarkeit, aber von dem Gang der Erscheinung doch ein falsches Bild liefern würde. Wir werden daher in unsern Versuchen den electrischen Reiz nicht an diejenigen Stellen anbringen, in welche das Reagens eingedrungen ist, sondern wie es bisher geschehen die Prüfung an einer höheren Stelle am Plexus vornehmen.

Von Herrn Ranke sind ferner Versuche[1]) über die Einwirkung von Säuredämpfen (Essigsäure, Salpetersäure, Kohlensäure) angestellt und gezeigt worden, dass die herabgesetzte Erregbarkeit des motorischen Nerven, die ihrer Einwirkung folgt, durch Ammoniakdämpfe wieder erhöht werden kann, und ebenso auch in umgekehrter Folge, indem sich die Reagentien neutralisiren.

Diese Thatsachen also als bekannt vorausgeschickt, wird es sich in den nachfolgenden Versuchen im Wesentlichen darum handeln, den zeitlichen Gang des Nervenzustandes während und nach der Einwirkung der Milchsäurelösung aufzunehmen. Unter den Nerven am Oberschenkel wurde ein breites Kautschukplättchen geschoben, dann ein in der Lösung getränktes Röllchen Fliesspapier auf den Nerven gelegt und auf diesem durch ein über den Oberschenkel gespanntes Kautschukbändchen fixirt. Unter den Plexus wurden die Platinelectroden geschoben. Im Uebrigen blieb die Anordnung wie vorher.

Versuch 12.

o. R. H. 120.

		H.			
11 h. 13′	15,8 mm.				
— „ 14′	L. (Milchsäure). m.		L. entfernt, Nerv eingebettet.		
— „ 15′	15 mm.		11 h. 26′	0 mm.	
— „ 18′	14,5 „		— „ 35′	2,5 „	
— „ 20′	13 „		— „ 40′	0 „	
— „ 21′	12,5 „		— „ 50′	13 „	
— „ 23′	0 „		— „ 55′	13 „	

1) Ibid. S. 108.

Versuch 13.

o. R. H. 120.	L. entfernt,	
11 h. 47' 15 mm.	Nerv eingebettet.	
L. m.	11 h. 56' 0 mm.	11 h. 25' 2 mm.
— „ 51' 15 „	— „ 57' 0 „	— „ 26' 2 „
— „ 52' 14,5 „	— „ 59' 0 „	— „ 28' 2 „
— „ 54' 6 „	12 „ 1' 0 „	— „ 33' 1 „
— „ 54,5' 1,5 „	— „ 5' 0 „	— „ 40' 2,5 „
	— „ 10' 0 „	— „ 45' 2,5 „
	— „ 15' 0 „	— „ 50' 2,5 „
	— „ 20' 0 „	5 „ 17' 2,5 „

Versuch 14.

o. R. H. 120.	L. erneuert.	12 h. — 0 mm.
11 h. 31' 16 mm.	11 h. 41' 15 mm.	— „ 7' 0 „
L. m.	— „ 43' 14,5 „	— „ 15' 0 „
— „ 32' 16 „	— „ 45' 14 „	— „ 20' 0,5 „
— „ 33' 16 „	L. nochmals erneuert.	— „ 25' 0,5 „
— „ 34' 15,5 „	— „ 47' 13 „	— „ 35' 10 „
— „ 35' 15,5 „	— „ 48' 11,3 „	— „ 48' 11,5 „
— „ 36' 15 „	L. entfernt, Nerv	1 h. — 12 „
— „ 37' 15 „	eingelegt.	— „ 5' 12 „
— „ 38' 15 „	— „ 49' 13 „	
— „ 39' 15 „	— „ 57' 0 „	

Die Versuche gewähren im Ganzen dasselbe Bild des Vorganges, wie die mit anderer Reizungsart angestellten. Die Curve des Versuches 12 in Fig. 7 zeigt uns während der Milchsäure-Wirkung eine mit beschleunigter Geschwindigkeit eintretende Ermüdung, die zum Theil als abhängig von der Diffusion der Flüssigkeit ins Innere des Nerven gedacht werden muss, zum Theil als Function der Säurewirkung auf die Nervensubstanz, zum grössten Theil aber wohl als eine Function der Nerveneigenschaften selbst betrachtet werden kann. Der Vorgang ist zu complicirt, um weitere Schlüsse zuzulassen, mindestens müsste vorher die Einwirkung anderer Substanzen geprüft werden. Wir sehen auch hier nach völliger Unterbrechung der Leitung die eigenthümliche Erscheinung einer schwachen bald wieder verschwindenden Erholung auftreten, nach welcher sich die bleibende Erholung einstellt, in ziemlich steiler Curve aufsteigend. Im Versuch 13 (s. Fig 8) ist die Einwirkung der Säure eine schnelle gewesen. Die Erholung tritt sehr spät erst nach 24 Min. ein, zeigt auch einen kleinen Rückfall, und erreicht überhaupt nur eine geringe Grösse.

In Versuch 14 ist die erste Säureapplication wohl eine mangelhafte gewesen. Nach Erneuerung derselben sinkt die Curve (Fig. 9) mit zunehmender Geschwindigkeit auf Null herab. Die Erholung beginnt nach 18 Min., erst langsam sich abhebend, mit zunehmender Geschwindigkeit aufsteigend und mit abnehmender Geschwindigkeit sich einem Maximum anschliessend. Die allgemeine Form der Erholungscurve nach chemischer Ermüdung ist demnach ganz dieselbe, wie wir sie für die vorhergehenden Reizungsarten gefunden hatten.

§. 6. Einwirkung der Wärme.

Es blieb schliesslich noch zu untersuchen übrig, wie sich die betrachteten Vorgänge unter Anwendung des thermischen Reizes gestalten würden. Bekannt ist es ja, dass eine schnelle Temperaturerhöhung den Nerven erregt, und dass stärkere Erwärmung ihn tödtet. Von Rosenthal und Afanatieff[1]) ist beobachtet worden, dass mit steigender Temperatur erst eine Erhöhung der Erregbarkeit, dann ein Sinken derselben eintritt; dass zwischen 50 und 65° die Erregbarkeit schnell auf Null sinkt und dass zwischen 35—45° C. Zuckungen auftreten. Auch Erholungen des Nerven, vollkommene nach 40°, unvollkommene nach höheren Temperaturen sind beobachtet worden.

In den folgenden Versuchen ist nicht, wie in den eben berichteten, die Erregbarkeit der erwärmten Nervenstelle ermittelt worden, sondern ihre Leitungsfähigkeit, entsprechend dem von uns eingeschlagenen Verfahren am unversehrten Nerven des lebenden Thieres, denn wir dürfen der Stromschleifen halber die Ströme nicht auf die veränderte Nervenstelle direct einwirken lassen. Ausserdem darf in solchen Versuchen durchaus nicht vernachlässigt werden, dass die electrische Leitungsfähigkeit des Nerven, als eines flüssigen Leiters, mit steigender Temperatur zunimmt, wodurch Erhöhungen der Erregbarkeit vorgetäuscht werden könnten. Um so schwieriger war es aber ein Verfahren ausfindig zu machen, um den unversehrten Nerven am Oberschenkel an einer Stelle verschiedenen Temperaturen auszusetzen, ohne den Körper des Thieres mit zu erwärmen, diese schnell wechseln zu können, und mit einiger Sicherheit zu messen. Nach mehrfachem Probiren gelangte ich zu folgender sehr

1) Archiv v. Reich. du Bois 1865. S. 691. Untersuchungen über den Einfluss der Wärme und Kälte u. s. w.

bequemen Einrichtung. Als Wärmequelle diente mir der electrische Strom von 4 Daniell'schen Elementen. Derselbe durchlief mit Zwischenschaltung der nöthigen Leitungsdrähte ein Rheochord, dann einen Platindraht, welcher in einer engen Spirale um das cylindrische Quecksilbergefäss eines besondern Thermometers gewunden war und kehrte von da zur Batterie zurück. Bei Schluss der Kette mit Hülfe eines Schlüssels stieg das Thermometer und konnte durch Einstellung des Rheochords auf constanter Höhe erhalten werden. Der 6 mm. dicke, 20 mm. lange Cylinder des Thermometers besass nahe seinem untern Ende eine in querer Richtung liegende etwa 1,5 mm. breite und 2—3 mm. tiefe Furche, welche an das untere Ende der Platinspirale grenzte. In diese Furche wurde der präparirte Nerv am Oberschenkel hineingelegt, nachdem er herausgehoben war, so dass zwischen Thermometer und Oberschenkel sich entweder ein freier Raum befand, oder ein Korkplättchen zwischengeschoben werden konnte. Damit der Nerv nicht austrockne, musste er während des Versuches entweder mit Oel oder mit 0,5% ClNa-lösung betupft werden, was beides in die Furche hineingetropft wurde. Da nun eine Nervenstrecke hier gleichsam im Innern des Thermometergefässes liegt, so giebt das Thermometer auch zugleich die Temperatur des Nerven mit ziemlicher Genauigkeit an.

Versuch 16.

Ein gewöhnliches Thermometer, an welches der Nerv durch ein Kautschukbändchen nur vorgeschlungen wird. Die Temperaturen fallen daher etwas zu hoch aus.

Temp. in M.	H. o. R. H. 120.	Zeit.	
16,5° C.	14 mm.	12 h. 29'	Mit ClNa befeuchtet.
30 „	14 „	— „ 31'	Schluss der Kette.
40 „	15 „	— „ 32'	
44,5 „	17 „	— „ 35'	
50 „	19 „	— „ 40'	
55 „	18,5 „	— „ 42,5	
60 „	17 „	— „ 43'	Zuckungen.
63 „	16,5 „	— „ 46'	
67 „	14 „	— „ 49'	Mit Oel befeuchtet.
75 „	12 „	— „ 51'	
82 „	4 „	— „ 52'	Oeffnung der Kette.
50 „	2 „	— „ 54'	
40 „	1,5 „	— „ 54,5	
30 „	1,5 „	— „ 56'	
25 „	1,5 „	— „ 57'	

Nerv eingebettet, sah grau aus.

3,5 mm.	12 h. 59′
0 „	1 „ 8′
0 „	— „ 15′

Versuch 17.

Von jetzt ab neues Thermometer mit Furche für den Nerven in Gebrauch. Eine Korkplatte zwischen Thermometer und Oberschenkel.

Nerv mit Oel befeuchtet.

Z.	T. m.	H. o. R. H. 120.	
12 h. 46′	15,5° C.	12,3 mm.	
— „ 47′	15,5 „	12,3 „	Schluss.
— „ 49′	30 „	12,5 „	tet. 2 mm.
— „ 51′	36 „	12,8 „	tet. 1,3 mm.
— „ 53′	40 „	12,5 „	
— „ 55′	45 „	12 „	
— „ 58,5	50 „	11 „	
1 h. 1′	55 „	7 „	
— „ 3′	55,5 „	4 „	
— „ 5′	58 „	1,8 „	Oeffnung.
— „ 6′	30 „	1,8 „	
— „ 11′	28 „	2,5 „	
— „ 15′	16,5 „	2,0 „	
	Nerv eingebettet.		
6 h. —	— „	0 „	

Versuch 18.

Nerv mit ClNa befeuchtet.

Z.	Temp. m.	H. o. R. H. 120.		Z.	H. Nerv eingebettet.
12 h. 35′	16,5° C.	10,2 mm.	Schluss.	12 h. 45′	0 mm.
— „ 36′	30 „	11,8 „		— „ 50′	0 „
— „ 36,5	35 „	12 „		— „ 55′	0 „
— „ 37,5	40 „	12 „		1 h. —	0 „
— „ 38′	45 „	11,5 „		— „ 5′	0 „
			5,5 tet.	— „ 7′	0 „
— „ 41′	52 „	11,5 „		— „ 15′	0 „
— „ 42′	56 „	1 „	Oeffnung.	5 h. 30′	0 „

Versuch 19.

Wie vorher. Ein Kautschukband unter dem Nerven über den Oberschenkel straff gespannt, so dass ein freier Raum zwischen Thermometer und Oberschenkel bleibt.

Z.	Temp. m.		H. o. R. H. 120.		
11 h. 53′	18°	C.	13,3	mm.	Schluss.
— „ 54′	30	„	13,5	„	
— „ 55,5	40	„	13,5	„	
— „ 57′	45	„	13,5	„	
— „ 58′	46	„	13,5	„	
— „ 59′	50	„	13,5	„	
12 h. 1′	52	„	0	„	Oeffnung.
	Nerv eingebettet.				
— „ 2′			0	„	
— „ 3′			0	„	
— „ 5′			0	„	

Z.	H.
12 h. 10′	0 mm.
— „ 15′	0 „
— „ 20′	0 „
— „ 25′	0 „
— „ 30′	0 „
— „ 45′	0 „
1 „ 10′	1 „
6 „ —	1 „

Versuch 20.

Wie 19.

Z.	T. m.		H. o. R. H. 120.		
11 h. 39′	16°	C.	12,2	mm.	Schluss.
— „ 41′	42	„	12,5	„	
— „ 43′	44	„	12,5	„	
					tet. 5,5
— „ 44′	45	„	12,5	„	
— „ 46′	47	„	12	„	
— „ —	49	„	10,5	„	
— „ 47′	49	„	8,5	„	Oeffnung.
	Nerv eingelegt.				
— „ 48′	—		7	„	
— „ 50′	—		4	„	
— „ 53′	—		2,3	„	
— „ 57′	—		1,5	„	
12 h. 5′	—		1	„	
— „ 30′	—		0,5	„	
1 h. 18′	—		3	„	
5 „ —	—		4	„	

Versuch 21.

Korkplatte zwischen Oberschenkel und Thermometer.

Z.	T. m.		H. o. R. H. 120.		
11 h. 44′	20°	C.	13	mm.	Schluss.
— „ 46′	35	„	12,5	„	
— „ 47′	40	„	12,3	„	
— „ 48,5	45	„	12,3	„	
					8 mm.?
— „ 50′	48	„	12	„	
— „ 52′	50	„	1	„	Oeffnung.

	Nerv eingebettet.		
11 h. 52,5	—	11,5 mm.	
— „ 59′	—	11,5 „	
Nerv wieder aufs Thermometer.			
12 h. 5′	20° C.	9 „	Schluss.
— „ 7′	30 „	9 „	
— „ 8′	36 „	9 „	
— „ 9′	41 „	8,5 „	
— „ 11′	44 „	0 „	Oeffnung.
— „ 12′	31 „	1,8 „	
— „ 13′	27 „	—	
	Nerv eingebettet.		
— „ 14,5	—	8,5 „	
— „ 16′	—	8,0 „	

In den Curven Fig. 10—15 der mitgetheilten Versuche sehen wir einen Verlauf des Vorganges, welcher im Allgemeinen mit den schon gemachten Erfahrungen übereinstimmt, aber noch einige Besonderheiten erscheinen lässt. Oberhalb der Curven sind parallel mit der Zeitabcisse die Temperaturen des Nerven verzeichnet. Wir bemerken in einigen Fällen, namentlich in Vers. 16 und 18, schwächer in 17 und 20, eine Steigerung der Erregbarkeit resp. Leitungserregbarkeit bei Temperaturen von 30—40—45° C. (in 16 erreicht der Nerv die angegebene Temperatur nicht, s. Versuch 16), eine Bestätigung der oben citirten Beobachtungen, welche von dem erwähnten Einwande frei ist. Diese Erscheinung konnte nicht immer mit Deutlichkeit auftreten, weil die erregenden Ströme mit Absicht sich den Maximalreizen näherten. Es müssten darauf hin die Versuche mit schwächerem Reize wiederholt werden. Ferner bestätigen wir das Vorkommen tetanischer Zuckungen in der Nähe von 40° C.

Von 40 bis 45° ab sinkt die Erregbarkeit mehr oder weniger schnell herab. Das Sinken der »thermischen Ermüdungscurve« richtet sich augenscheinlich nach der Schnelligkeit der Erwärmung. Geschieht diese langsam, wie in Vers. 16, 17, so sinkt die Curve langsamer herab, geschieht sie schnell wie in 18, 19, so sinkt sie schneller, als ob der Nerv bei langsamer Erwärmung sich dem Zustande besser zu accomodiren vermag, ähnlich wie der Gesammtorganismus unter viel complicirteren Verhältnissen. Eine mässig schnelle Erwärmung, die nur bis 49° ging, ergab in Vers. 20 eine sehr regelmässig mit abnehmender Geschwindigkeit sinkende Ermüdungscurve, welche bei

47° mit grosser Geschwindigkeit beginnt und von der 7. bis 51. Minute verfolgt wurde. Sie nähert sich in ihrem Anfangstheile fast einer logarithmischen Curve. In den Versuchen mit schneller Erwärmung über 50° tritt die Senkung zu schnell ein, um die Form der Curve aufzunehmen. Im Uebrigen lassen sich die Bedingungen des Absinkens nur in geringem Grade beherrschen, da sehr viel von unbekannten Zuständen des Nerven und des Thieres abhängt.

Aus dem eben angeführten Grunde gelang es daher erst allmählich die günstigen Bedingungen für den Eintritt einer völligen Erholung herauszufinden. In den Versuchen 16 und 17 zeigte sich zwar eine geringe bald wieder schwindende Erholung, aber keine bleibende, in 19 kam es zu einer sehr langsamen und schwachen Erholung in der 77. Minute, in 20 schon zu einer stärkeren Erholung bis zur 99. Minute, in 20 zu einer schnellen und fast völligen Erholung. Die Regel für das Zustandekommen einer solchen ist erstens die, dass die Erwärmung 50° nicht überschreiten darf und zweitens, dass bei den ersten Zeichen einer sinkenden Erregbarkeit die Erwärmung sistirt und der Nerv in den Schenkel zurückgelegt werden muss.

Die Wärme wirkt, sobald sie begonnen hat die Leitung zu beeinträchtigen, verderblicher auf den Nerven als irgend ein anderer Reiz, auch zeigt sich manchmal (20) eine lange Nachwirkung derselben. Tritt aber eine Erholung ein, so scheint diese, wenn auch nicht so ausgesprochen, in ähnlicher Weise sich einzustellen wie nach den übrigen Ermüdungszuständen, erst langsamer und dann immer schneller sich erhebend, um wieder langsamer dem Maximum zuzustreben. (21. Vers. Fig. 15, 27—32 Min.)

B.

§. 7. Ermüdung und Erholung der sensiblen Nerven.

Unsere Untersuchung erstreckte sich bisher auf die motorischen Nerven, deren Erregung mit Hülfe der zugehörigen Muskel am objectivsten erkannt werden kann. Von mehr veränderlichen Factoren ist die Erkennung sensibler Erregung abhängig, denn zwischen dieser und einer Reaction schiebt sich die Thätigkeit eines mehr oder weniger complicirten Nervencentrums ein. Dennoch forderte das analoge Verhalten beider Nervengattungen dazu auf, ihre Uebereinstimmung auch in der vorliegenden Frage zu prüfen.

An Fröschen wurde das Rückenmark zwischen 3. und 4. Wirbel durchschnitten, und die Reflexe an den hintern Extremitäten benutzt, um sensible Erregungen anzugeben. Diese Methode ist der Abtrennung oder Zerstörung des verlängerten Markes bei Weitem vorzuziehen, weil Athmung und Kreislauf in normaler Weise fortbestehen und die Ernährung eine normale bleibt.

Das Thier wird an den vordern Extremitäten auf einem Brett festgebunden und lässt nun senkrecht gestellt die Hinterbeine schlaff herabhängen. In dieser Lage bleibt es Stundenlang regungslos hängen, solange kein Reiz einwirkt, während jede Berührung der Hinterbeine ein Aufziehen derselben bewirkt.

Versuch 22.

Einem so hergerichteten Thiere wird der rechte Hüftnerv am Oberschenkel blossgelegt und electrisch tetanisirt (R. H. o.) um 1 h. 15' — 20'. Unmittelbar darauf vollständige Lähmung und Unempfindlichkeit des rechten Unterschenkels.

1 h. 30' — schwache Reaction rechts auf Druck,

1 h. 40' — Empfindung zugenommen,

6 h. 20' — rechts Reaction fast normal, aber nicht so kräftig als links.

Um die Stärke der Reflexe zu messen, wurde ein constanter electrischer Hautreiz angewendet und dieselbe Methode benutzt, welche Stirling[1]) beschrieben hat. Zur Aufzeichnung der Reflexbewegung diente das Pflüger'sche Myographion, an dessen Hebel ein 15 cm. langes schmales Holzbrett befestigt wurde, welches vom vorderen Ende des Hebels seitwärts im rechten Winkel abging. Der Hebel wurde durch Gegengewicht ein wenig übercompensirt und der Frosch so aufgehängt, dass er mit den Zehen eines Hinterbeines das Brett als Trittbrett berührte. Zog er das Bein an, so folgte der Hebel mit Brett nach oben und zeichnete diese Höhe auf der bewussten Glastafel auf. Zur Erzeugung der Hautreize wurden zwei feine Drähte als Electroden des Schlittens um das Fussgelenk herumgebunden. In dieser Weise sind alle folgenden Versuche angestellt.

Versuch 24.

11 h. 25' } m. R. H. o. — „ 33' } Nerv eingebettet. Hautreize R. H. o.	12 h. 20' 7 mm. Bei Reizung des andern Beines starke Reflexe auf beiden Beinen.

1) Ueber die Summation electrischer Hautreize. Bericht der sächs. Ges. der Wiss. 1874. S. 223.

11 h. 34′	0 mm.	12 h. 25′	8 mm.
— „ 36′	0 „	— „ 28′	16 „
	R. H. 80.	— „ 30′	17 „
— „ 39′	0 „	— „ 40′	17 „
— „ 42′	0 „	— „ 55′	32 „
— „ 56′	0 „	Auch auf Druck Reflex.	
12 h. 9′	6 „		
— „ 15′	7 „		

Versuch 25.

12 h. — } m. R. H. o.
— „ 5′ }

Nerv eingebettet.

Hautreize R. H. 80.

12 h. 7.5′ 0 (—7) schwache Streckung durch Reizung der Fussmuskeln Auf Reizung an andern Körperstellen starke Hebung beider Beine.

12 h. 10′	0 (—3) mm.
— „ 15′	0 (±) „
— „ 20′	0 „
— „ 25′	0 „
— „ 30′	40 „
— „ 35′	maximum. (über die Tafel hinaus.)

Versuch 26.

11 h. 59′ } m. R. H. o.		12 h. 35′	0 mm.
12 h. 4′ }		— „ 40′	2 „
Nerv eingebettet.		— „ 45′	0 „
Hautreize R. H. 95.		— „ 50′	0 „
12 h. 6′	6 mm.		R. H. 90.
— „ 10′	3 „	— „ 55′	1,5 mm.
— „ 15′	0 „	1 h. 0′	14 „
— „ 20′	0 „	— „ 10′	17 „
— „ 25′	0 „	— „ 20′	26 „
— „ 30′	0 „		

Versuch 27.

12 h. 25′ } m. R. H. o.
— „ 30′ }

Nerv eingebettet.

Hautreize. R. H. 80.

12 h. 31,5	9 mm.
— „ 35′	7 „
— „ 40′	2,5 „
— „ 45′	0 „
— „ 50′	0 „
— „ 55′	15 „
1 h. 0′	26 „
— „ 5′	max. > 45.

In diesen Versuchen erkennt man deutlich, wie die Leitungsfähigkeit der sensiblen Nerven nach der Erschöpfung durch electrischen Tetanus sich allmählich wiederherstellt, unter ähnlichen Bedingungen und in ähnlicher Zeitfolge wie die der motorischen Nerven. Die den Versuchen entsprechenden Curven Fig. 16—19 zeigen ausserdem noch manche Eigenthümlichkeiten und Verschiedenheiten, welche zu erörtern sind. Die Ermüdungscurve während der Reizung ist nicht mit aufgenommen worden, weil jede einzelne Aufnahme zu viel Zeit erfordern würde. In den Versuchen 24 und 25 war die Leitung bald nach der Reizung ganz aufgehoben, in 26 und 27 dagegen sehen wir nach der Reizung noch eine schwache bald auf Null herabsinkende Leitung bestehen; also eine »Nachwirkung« der Reizung, wie wir sie beim motorischen Nerven auch gefunden haben. Wir haben hier das Ende der Ermüdungscurve vor uns, welche wir uns rückwärts vervollständigt denken könnten. Der Scheintod des Nerven dauert im 24. Versuch 23 Minuten und nun tritt eine in mehreren Absätzen aufsteigende Erholungscurve auf. Diese Unregelmässigkeit der Curve ist wohl nicht in einer Eigenschaft der sensiblen Nerven begründet, sondern eher in einer solchen der Reflexcentra zu vermuthen, welches näher zu untersuchen sein würde. Sieht man von dieser Unregelmässigkeit ab, so steigt die Curve auch mit zunehmender Geschwindigkeit auf, wie die des motorischen Nerven. In 26 sehen wir der völligen Erholung ein Paar kleine wieder schwindende Erholungen vorangehen, was auch dem motorischen Nerven eigenthümlich war. In 25 und 27 stieg die Erholung sehr schnell an, übrigens auch mit deutlich zunehmender Geschwindigkeit. Dass letztere schliesslich wieder abnehmen muss um sich dem Maximum anzuschliessen, versteht sich von selbst. Die Erholungscurve des sensibeln Nerven hat demnach im Allgemeinen dieselbe Form wie die des motorischen.

Man könnte gegen die Folgerung aus unsern Versuchen den Einwand erheben, dass die Ermüdung nicht ausschliesslich die sensibeln Nerven sondern auch die im Stamme enthaltenen motorischen Nerven betroffen habe, und dass auch dadurch die Reflexbewegung beeinträchtigt werden könne. Dies kann aber nur in sehr geringem Grade der Fall sein, denn die Hebung des Beines wird hauptsächlich von den Oberschenkelmuskeln besorgt, deren Nerven oberhalb der tetanisirten Nervenstelle entspringen und nur die Beuger des Fussgelenkes treten während der Ermüdung ausser Function. Man

findet daher auf Reizung an einer andern Körperstelle auch eine starke Hebung der gereizten Extremität vor, zum Beweise, dass die Reflexbewegung an sich durch Ermüdung nicht beeinträchtigt ist. Tritt die Erholung ein, so sieht man, wie mit der Hebung im Hüft- und Kniegelenk auch die im Fussgelenk allmählich auftritt, woraus erhellt, dass auch die motorischen Nerven sich mit den sensibeln zu gleicher Zeit erholen.

Ein anderer Einwurf ist der, dass mit der Ermüdung der sensibeln Nerven auch eine solche der Centra im Rückenmark einhergehen und die Reflexe schwächen müsste. Dass sich diese nicht auf das ganze Rückenmark erstrecken kann, geht schon daraus hervor, dass unmittelbar nach der Tetanisirung starke Reflexe von jeder beliebigen Körperstelle mit Ausnahme des anaesthetischen Unterschenkels ausgelöst werden können. Wohl aber könnte man behaupten, dass die Centra der gereizten sensibeln Nerven mit ermüdet seien, ähnlich wie der Muskel eines tetanisirten Nerven mitermüdet, und dass hierdurch die Reflexe beeinflusst würden. Um diess näher zu prüfen, wurde folgender Versuch angestellt.

An einem Thiere mit durchschnittenem Rückenmark wird der Hüftnerv eines Oberschenkels in seiner Mitte etwa 5 Min. lang mit starken Strömen tetanisirt. Unmittelbar darauf erhält man vom Unterschenkel dieser Seite keine Reflexe, ebensowenig wenn man den Nervenstamm unterhalb der ermüdeten Stelle mit mässigen Strömen (RH. 100—90) reizt, während der Fuss sich streckt. Sobald man aber die Platinelectroden über die ermüdete Stelle nach oben schiebt, treten sofort Reflexe in der ganzen hintern Körperhälfte auf. Da nun in der ganzen Länge des Nerven am Oberschenkel bis zum Becken keine neuen sensilbeln Nervenfasern eintreten, also nur die darin enthalten sind, welche vorher ermüdet waren, ihre Reizung oberhalb der ermüdeten Stelle aber starke Reflexe hervorruft, so kann in den ihnen angehörigen sensibeln Centren keine wesentliche Ermüdung vorhanden sein und wenn daher vom Unterschenkel aus die Reflexe ausbleiben, so kann dies nur Folge einer Undurchgängigkeit der sensibeln Nerven selbst sein.

Wir müssen noch hinzufügen, dass die zuletzt angewendeten Reize (RH. 100 — 90) so schwach sind, dass sie keine merkbaren Stromzweige in den Schenkel hineingeben, da weder die Muskeln des Oberschenkels zucken, noch der Unterschenkel zuckt, wenn die Electroden sich oberhalb der ermüdeten Stelle befinden. Es ist also

nicht daran zu denken, dass merkbare Stromzweige die Oberschenkeläste des Nerven und deren Hautzweige treffen. Ausserdem müsste dies auch der Fall sein, wenn die Electroden unterhalb der ermüdeten Stelle liegen, da sie hier von den Hautzweigen ebensoweit entfernt sind, wie oberhalb.

Wir sind demnach vollständig gewiss darüber, dass die Ermüdungs- und Erholungsvorgänge, welche wir im Bereich der sensibeln Nerven beobachtet haben, im Wesentlichen ihnen allein angehören. Zwar muss man voraussetzen, dass auch die sensibeln Centren derselben nach 5 Minuten langer Tetanisirung der Nerven nicht ganz unermüdet bleiben, aber wir haben nachgewiesen, dass eine solche Ermüdung fast unmittelbar nach der Tetanisirung nicht mehr nachweisbar ist, wenn sie auch während dieser vorhanden gewesen sein mag. Die Centren scheinen sich also ähnlich zu verhalten, wie der Muskel, insofern die Erholung in ihnen mit grosser Geschwindigkeit vor sich geht, wenn ihnen die Erregungen durch den Nerven zugeführt werden.

Mag daher auch nach der Tetanisirung noch kurze Zeit ein kleiner Einfluss der ermüdeten Centren bestehen, so muss er doch sehr schnell schwinden, und muss während des oft 20—30 Minuten langen Scheintodes des Nerven offenbar vollkommen erloschen sein. Die Erholungscurven, welche wir gefunden haben, sind daher gewiss frei von Einflüssen der Ermüdung oder der Erholung in den Centren. Auch die »Nachwirkung«, welche oft unmittelbar nach der Tetanisirung auftritt, kann nicht gut auf Vorgänge in den Centren bezogen werden. Denn abgesehen davon, dass wir sie auch am motorischen Nerven vorgefunden, sollte man eher eine Erholung als eine nachkommende Ermüdung erwarten. Auch die vorübergehenden schwachen Erholungen können nur dem Nerven zugetheilt werden, ähnlich wie sie den motorischen Nerven zukommen, weil sie zu Zeiten auftreten, in denen die Erholung der Centren schon eine vollständige sein muss.

§. 8. Theoretische Betrachtungen.

Ueberblicken wir die mitgetheilten Versuche in Hinsicht ihres Gesammtresultates, so kann es nicht entgehen, dass im Allgemeinen der Ermüdungs- und Erholungsvorgang der Nerven, hervorgerufen durch electrische, mechanische, chemische und thermische Einwirkungen, ein ähnlicher ist. Dies geht aus den Beobachtungen für

den Erholungsvorgang mit Bestimmtheit hervor. Nach jeder Art der Ermüdung kann im Nerven ein längerer oder kürzerer Zeitraum der Leitungsunfähigheit eintreten, den wir kurz »Scheintod« nennen wollen, auf welchen unter günstigen Bedingungen eine Erholung folgt. Diese tritt immer in charakteristischer Weise auf. Häufig zeigen sich in der Periode des Scheintodes eine oder mehrere schnell vorübergehende schwache Erholungen, welche wir als »Erholungsschwankungen« bezeichnen wollen. Dann folgt die bleibende Erholungscurve, welche eine deutliche charakteristische Form zeigt, die bei langsamem Verlauf am ausgeprägtesten ist. In allen Fällen verläuft der Process in der Art, dass die Erholung langsam anhebt, mit zunehmender Geschwindigkeit wächst und dann mit abnehmender Geschwindigkeit in den normalen Zustand übergeht.

Bevor wir eine Erklärung dieser Vorgänge versuchen, können wir nicht unterlassen, auf die Aehnlichkeit aufmerksam zu machen, welche dieselben mit gewissen Erholungsprocessen des Gesammtorganismus haben. Wenn durch eine starke Erschöpfung oder durch vorhergegangene schwere Krankheit ein erheblicher Schwächezustand des Gesammtorganismus eingetreten ist, so ist meistens die Art der Erholung eine ganz ähnliche. Sehr häufig treten in der Reconvaleszenz analog den Erholungsschwankungen erst kleine vorübergehende Besserungen ein. Endlich beginnt unter günstigen Bedingungen eine langsame bleibende Zunahme der Kräfte, die bald mit deutlich zunehmender Geschwindigkeit vorschreitet. Hat diese Geschwindigkeit aber einen gewissen Grad erreicht, so bleibt sie keineswegs constant, sondern geht immer langsamer vorwärts, und der normale Zustand der Kräfte wird erst ganz allmählich wieder erreicht. — Der Erholungsprocess der Nerven scheint also ein für den ganzen Organismus maassgebender zu sein.

Wir haben nun in unsern Versuchen durch Einwirkungen verschiedener Art einen Ermüdungszustand des Nerven hervorgerufen, auf welchen jedesmal ein Erholungsvorgang von ein und derselben Art folgte. Wir dürfen daher aus der Uebereinstimmung in dem zeitlichen Verlauf dieser Erholungen den Schluss ziehen, dass wir es auch in qualitativer Beziehung mit ein und demselben Prozess zu thun hatten, d. h. dass durch die verschiedenartigen Einwirkungen, denen der Nerv ausgesetzt wurde, im Wesentlichen identische Ermüdungszustände geschaffen wurden, und dass in allen Fällen

der Erholungsvorgang ein **identischer** war. Drücken wir uns ganz allgemein aus, ohne für die betrachteten Vorgänge irgend welche bestimmte physikalische oder chemische Processe zu substituiren, so möchten wir behaupten, dass wir es in allen Fällen der Ermüdung und Erholung mit ein und denselben »Zustandsänderungen« des Nerven zu thun hatten.

Diese Annahme leuchtet am meisten ein für diejenigen Fälle, in welchen physikalische Kräfte Electricität, Wärme, mechanische Kraft auf den Nerven gewirkt haben. Denn wir stellen uns vor, dass diese ein- und denselben Erregungsprocess im Nerven auszulösen vermögen, und da sie dem Nerven nichts Substanzielles zuführen, so kann nach ihrer Einwirkung nur eine solche Zustandsänderung des Nerven vorhanden sein, welche in der Zusammensetzung seiner Substanz selbst begründet ist. Beobachten wir nun, dass der Uebergang in den normalen Zustand ein und denselben zeitlichen Verlauf innehält, so sind wir berechtigt anzunehmen, dass diese so hervorgerufenen Ermüdungs- und Erholungszustände identische seien.

Eine besondere Betrachtung aber verdienen die chemischen Einwirkungen auf den Nerven. Denn durch diese können mannigfache Zustandsänderungen hervorgerufen werden, welche nicht in den Eigenschaften der Nervensubstanz allein ihren Grund haben, sondern auch in den Eigenschaften desjenigen Körpers, welcher als fremder Bestandtheil dem Nerven zugeführt wird. Man könnte daher meinen, dass in diesen Fällen die Ermüdung allein in der Aufnahme und die Erholung in der Ausscheidung des fremden Bestandtheiles bestände. Sicherlich spielen diese Vorgänge, die an sich schon complicirt genug sind, eine wichtige Rolle und finden gewiss gleichzeitig mit Ermüdung und Erholung statt, wie dies durch die Versuche von **Ranke** über die ermüdenden Stoffe nachgewiesen ist. Nun bemerken wir aber in unsern Versuchen, dass der Erholungsprocess nach chemischer Einwirkung in derselben Weise eintritt, wie nach andern physikalischen Reizen. Es wäre daher ein sehr unwahrscheinlicher Zufall, wenn die Ausscheidungsgeschwindigkeit der zugeführten chemischen Reagentien mit der Erholungsgeschwindigkeit nach jeder andern Ermüdungsart übereinstimmen sollte, und es wird hieraus wahrscheinlich, dass auch nach chemischer Reizung im Wesentlichen dieselbe Zustandsänderung der Nervensubstanz bei der Ermüdung und Erholung eintritt, wie durch physikalische Reize.

Aber selbstverständlich ist es, dass verschiedene chemische Reagentien im Stande sein werden, diese Vorgänge in gewisser Weise zu modificiren, und aus diesem Grunde wird es von Interesse sein, die begonnenen Versuche in der angegebenen Form mit verschiedenen Substanzen fortzusetzen.

Wir haben uns bisher begnügt, die betrachteten Vorgänge ganz allgemein als Zustandsänderungen des Nerven zu bezeichnen. Man wird aber am ehesten geneigt sein, diesem Ausdruck chemische Aenderungen zu substituiren. Zwar kennt man die chemischen Processe im Nerven in noch unvollkommenerem Maasse als die im Muskel, doch ist es wohl nach den Versuchen von Funke und von Ranke angenommen, dass bei der Thätigkeit ähnlich wie im Muskel eine fixe Säure sich bilde, und ist es ferner nicht unwahrscheinlich, dass auch im Nerven wie in allen thätigen Geweben CO_2 entstehe. Ranke sieht daher diese Zersetzungsproducte als die ermüdenden Stoffe des Nerven an und nimmt an, dass die Erholung auf einer Ausscheidung dieser ermüdenden Stoffe beruhe.

Obgleich nun Anhäufung und Ausscheidung der Zersetzungsproducte offenbar in einer sehr nahen Beziehung zur Ermüdung und Erholung stehen, insofern Ermüdung immer mit Anhäufung derselben verbunden ist, Erholung aber Ausscheidung jener Producte zur Vorbedingung hat, so liegt doch kein Beweis dafür vor, dass diese Processe die einzigen Ursachen jener seien. Vielmehr muss man aus theoretischen Gründen noch die Menge der vorhandenen chemischen Spannkräfte, repräsentirt durch gewisse uns unbekannte chemische Verbindungen, in Betracht ziehen. Denn wenn Ermüdung stattgefunden hat, so muss doch offenbar eine Abnahme der Spannkräfte eingetreten sein, d. h. ein Verlust von Substanz, aus welcher sich Zersetzungsproducte gebildet haben, und wenn Erholung darauf folgt, so muss auch wiederum eine Zufuhr Spannkraft haltiger Substanz, also eine Stoff-Aufnahme stattfinden. Der letztere Vorgang »die Assimilirung« des Stoffes muss offenbar auch chemische Processe in sich einschliessen.

Der Zustand der Organe, unter denen wir zunächst Muskel und Nerv verstehen, ist also nach dieser Anschauung das Resultat einer Zahl von Molekular-Vorgängen, von denen ein Theil aus chemischen Processen besteht, ein anderer Theil aus physikalischen Processen, unter welchen wir für Ausscheidung und Aufnahme von Stoffen einen Diffusionsprocess substituiren dürfen. In wiefern aber noch andere

Molekular-Vorgänge hieran betheiligt sind, bleibt vor der Hand noch gänzlich einer weiteren und besseren Einsicht vorbehalten, wenigstens ist es aus bekannten Gründen sehr wahrscheinlich, dass ein ursächlicher Zusammenhang der electrischen Erscheinungen mit jenen chemischen und Diffusions-Vorgängen besteht.

Ohne über die Natur der Spannkräfte und die Art, wie sie sich in lebendige Kräfte umsetzen, bestimmte Voraussetzungen zu machen, dürfen wir sagen, dass der Zustand der Organe, d. h. ihre »Leistungsfähigkeit«, durch welche wir den Zustand bemessen, zum Theil eine Function der Menge ihrer Spannkräfte sein muss. Aber nicht allein davon wird jene Grösse abhängen, sondern es wird auch in Betracht kommen, ob die vorhandenen Spannkräfte leicht oder schwer auslösbar sind. Denn wir können uns vorstellen, dass grosse Spannkräfte angehäuft sind, dass sie aber vermöge einer verstärkten Hemmung schwer auslösbar sind und vice versa.

Wenn wir nun von der Thatsache ausgehen, dass die Zersetzungsproducte der Thätigkeit die Erregbarkeit herabsetzen, so können wir uns vorstellen, dass diese eine hemmende Kraft repräsentiren, welche der Auslösung der Spannkräfte entgegen wirkt. Die »Leistung« wird sonach eine Function, welche sich gleichzeitig aus der Menge der Spannkräfte und der Menge der Zersetzungsproducte zusammensetzt. Für diese Function können wir ferner die Bedingung hinzusetzen, dass sie gleich Null wird, wenn die Spannkräfte Null werden, d. h. das Organ ist dann unerregbar. Wir müssen aber ferner annehmen, dass diese Function auch Null wird, sobald die Zersetzungsproducte ein gewisses Maximum erreichen, d. h. das Organ wird unter dieser Bedingung ebenfalls unerregbar, auch wenn Spannkräfte noch vorhanden sind. Dass dies sich so verhält, geht aus den Ranke'schen Versuchen am Muskel hervor, welcher durch Einspritzung von Milchsäure unerregbar wird und durch Auswaschen derselben wieder erregbar gemacht werden kann. Da beim Auswaschen dem Muskel keine neuen Spannkräfte zugeführt werden, so müssen sie im Muskel vorhanden gewesen sein und sind nur durch den ermüdenden Stoff in einen schwer auslösbaren Zustand versetzt worden.

Wenn wir mit L die »Leistungsfähigkeit« eines bestimmten Organs bezeichnen, mit p die Menge der vorhandenen »Spannkräfte«, mit z die Menge der ermüdenden Zersetzungsproducte und mit Z diejenige Menge der Zersetzungsproducte, bei welcher die Erregbar-

keit Null wird, mit K eine Constante des Organs, so würde den obigen Bedingungen folgende allgemeine Gleichung genügen

$$L = K. p. (Z-z). F(z, p).$$

Diese Gleichung wird Null für $p = 0$, und für $z = Z$.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend würden daher die Ermüdungs- und Erholungscurven des Nerven zu discutiren sein, und es würde die Frage aufzuwerfen sein, welche Erscheinungen der Anhäufung und Ausscheidung der Zersetzungsproducte, welche dem Verlust und der Restitution der Spannkräfte zuzuschreiben seien. Für den Vorgang der Ermüdung kann aber an eine Trennung beider Momente wohl kaum gedacht werden, da sie während der Reizung zugleich wirksam sein müssen. Erst wenn die Reizung aufgehört hat, könnte man annehmen, dass damit auch die Zersetzung Spannkraft gebender Substanz ihr Ende erreicht. Nun beobachten wir aber die Erscheinung der »Nachwirkung«. Diese könnte man entweder so auffassen, dass die Zersetzung Spannkraft-gebender Substanz noch eine Zeit in abnehmendem Grade nach der Reizung anhält, wodurch zugleich eine weitere Vermehrung der Zersetzungsproducte stattfinden würde, oder auch dahin, dass, wenn ersteres nicht der Fall sei, die Einwirkung der Zersetzungsproducte auf die vorhandenen Spannkräfte eine gewisse Zeit erfordere. Die »Nachwirkung« würde nach letzterer Auffassung denjenigen Zeitraum einnehmen, welchen die angehäuften Zersetzungsproducte beanspruchen, um die noch vorhandenen Spannkräfte in den nicht auslösbaren Zustand zu versetzen. Die letztere Annahme hat deshalb mehr Wahrscheinlichkeit für sich, weil nach electrischer Tetanisirung sofort Ruhe des Muskels eintritt und daher eine noch nachfolgende Abgleichung von Spannkräften nicht vorauszusetzen ist.

In der Periode des »Scheintodes«, in welcher kein äusseres Merkmal eines inneren Vorganges im Nerven vorhanden ist, müssen wir gleichwohl eine Thätigkeit in demselben voraussetzen, welche die Restitution des Organs bewirkt. Einen völligen Stillstand aller Stoffwechselprocesse anzunehmen, liegt nach allen Erfahrungen kein Grund vor. Wenn daher erst nach Ablauf einer geraumen Zeit die ersten Zeichen des Lebens wieder eintreten, so müssen wir uns denken, dass in dieser Zeit die Vorbereitungen soweit gediehen seien, um einen Theil der neugesammelten Spannkräfte in den auslösbaren Zustand zu versetzen. Ausscheidung der Zersetzungsproducte und Assimilirung neuer Spannkräfte gehen in diesem Zeitraum zugleich

vor sich. Es wird aber nicht eher eine Auslösung der Spannkräfte eintreten können, bis die Menge derselben zur Menge der Zersetzungsproducte in einer bestimmten Relation steht. Wir müssen daher die wichtige sehr einleuchtende Folgerung hinzufügen, dass je grösser die Menge der Spannkräfte, um so mehr Zersetzungsproducte nöthig sind ihre Auslösung zu hemmen, je kleiner jene Menge, um so weniger genügen werden dies zu bewirken. (Die Grösse Z in Formel S. 325 ist also keine Constante für ein bestimmtes Organ, sondern eine Funktion von p, welche mit p wächst und fällt, und etwa gleich $p.\varphi(p)$ gesetzt werden kann.) Der Nerv bleibt so lange scheintodt, bis die Menge der Zersetzungsproducte so weit gesunken ist, dass sie die in dieser Zeit gewachsenen Spannkräfte nicht mehr zu hemmen vermögen.

In Figur 20 sei die Ordinate p_1 die Menge der Spannkräfte unmittelbar nach einer erschöpfenden Reizung, und s_1 als negative Grösse stelle die hemmende Kraft der Zersetzungsproducte vor. Die Spannkräfte mögen nun in einer Curve ab über der Zeitabcisse t_0t anwachsen, die Ausscheidung der Zersetzungsproducte möge durch die Curve cd dargestellt sein, so wird der Scheintod bis zum Momente e dauern, in welchem $p_0 = s_0$ wird. Von hier ab erhebt sich die Erholungscurve ef in der von uns beobachteten Gestalt, welche man erhält, wenn man die Ordinaten von cd von den dazu gehörigen Ordinaten der Curve ab von oben her abträgt, so dass überall $s = \pi$ ist. Die letztere würde sich natürlich auch ergeben, wenn ab eine andere Form hätte z. B. geradlinig aufstiege, was aber wenig Wahrscheinlichkeit für sich haben würde. Der Curve cd geben wir aus guten Gründen jene zur Abcisse convex gerichtete Form, weil sie einen der Diffusion ähnlichen Vorgang darstellt, der um so schneller verläuft, je grösser der Unterschied der Concentration zweier Flüssigkeiten ist. Die Gestalt der Erholungscurve ef ergab sich aus den Beobachtungen. Die Combination beider liefert die Gestalt der Curve ab für die Ansammlung der Spannkräfte. Letztere ist also auch abhängig von der Menge der vorhandenen Zersetzungsproducte. Sie kann Anfangs nur langsam ansteigen, und geräth erst in ein schnelleres Steigen, wenn die Menge der Zersetzungsproducte gesunken ist. Sie muss ferner ein Maximum annehmen und erhält daher eine ähnliche Form wie die Erholungscurve. Man muss voraussetzen, dass ihr nicht nur ein Diffusionsprozess, bestehend in der Aufnahme von Material, sondern auch ein chemischer Process zu Grunde liegt.

Zur Erklärung der »Erholungsschwankungen« können wir folgende Annahmen machen. Wenn nach der Periode des Scheintodes der Zustand des Nerven sich noch in der Nähe jenes Gleichgewichts befindet, in welchem die Menge der Spannkraft und der Zersetzungsproducte sich gerade neutralisiren, so wird schon eine kurze schwache Reizung im Stande sein, einen eben begonnenen Erholungszustand wieder rückgängig zu machen. Nun sind in unsern Versuchen solche Reizungen zur Prüfung des Zustandes nothwendig gewesen, und es ist daher denkbar, dass diese die Ursache der Schwankungen sind, denn schon eine geringe Verminderung der Spannkräfte müsste in diesem Zustande ausreichen, den noch vorhandenen Zersetzungsproducten das Uebergewicht zu verleihen. In der That habe ich öfter bemerkt, dass bei den ersten schwachen Contraktionen des Muskels der Hebel sehr schnell und plötzlich wieder absank, was nur im Nerven nicht im Muskel selbst seinen Grund haben konnte, so dass es den Eindruck machte, als ob die Leitung im Nerven in Folge der Anstrengung plötzlich wieder unterbrochen würde. Es ist daher sehr fraglich, ob bei absoluter Ruhe des Nerven jene Schwankungen vorkommen würden, abgesehen davon, dass auch willkürliche Erregungen dieselben bewirken könnten, und es würde dies der allgemeinen Erfahrung entsprechen, dass selbst geringe Erregungen der beginnenden Erholung sehr nachtheilig sind. Es ist aber auch denkbar, dass ohne Einwirkungen von Aussen gleichsam ein Wogen des Zustandes im Nerven stattfindet, indem durch innere Anlässe bereits angesammelte Spannkräfte wieder zerstört werden und sich von Neuem restituiren.

Die Periode des Scheintodes, welche in Figur 20 durch den Zeitraum t_0e dargestellt ist, lässt mit Hülfe physiologischer Funktionen keine weitere Erforschung zu, denn Bewegung und Empfindung vermag der Nerv in diesem Zeitraum durch die angegriffene Stelle hindurch nicht mehr zu vermitteln. Wohl aber wäre es möglich über seinen Zustand etwas zu erfahren, wenn wir seine elektromotorischen Kräfte untersuchten und durch Beobachtung dieser die in ihm stattfindenden Aenderungen ermittelten. Auf diese Weise würde es gelingen, den Process der Erholung unabhängig von jeder Thätigkeitsäusserung zu verfolgen, was weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben möge.

Ueber den Einfluss des Blutes und der Nerven auf das elektromotorische Verhalten künstlicher Muskelquerschnitte.

Von

Th. W. Engelmann in Utrecht.

Am Schlusse meiner vorigen Abhandlung[1]) habe ich kurz mitgetheilt, dass jeder künstliche Querschnitt gewöhnlicher monomerer Muskeln sich unter Erhaltung einer hohen latenten Kraft unwirksam machen lässt und zwar unter Bedingungen, die den beobachteten Erfolg als ein Argument gegen die Präexistenzlehre erscheinen lassen. Die folgenden Zeilen sollen die Begründung dieser Behauptungen enthalten.

Auf die Thatsachen, um die es sich handelt, leitete die folgende Ueberlegung. Wenn es wahr ist, dass die elektromotorische Wirksamkeit eines durchschnittenen, ruhenden Muskels auf dem Absterben einer Schicht an der Schnittfläche beruht, so ist man berechtigt zu erwarten, dass unter Bedingungen, welche dies Absterben hemmen, auch eine Schwächung der elektromotorischen Kraft eintreten wird.

Eine dieser Bedingungen ist offenbar die Ernährung vom Blut aus. Wie alle anderen Gewebselemente sterben auch verletzte Muskeln bei erhaltener Blutcirkulation sehr viel langsamer ab, als im entgegengesetzten Falle. Subcutan, mit Schonung der grösseren Gefässe durchschnittene Froschmuskeln werden oft noch nach Wochen ja Monaten im grössten Theil ihrer Länge, bis nahe an die Wunde heran reizbar gefunden, während nach Unterdrückung des Blutlaufs binnen kurzer Zeit überall vollkommene Starre eingetreten ist.

Es war also zu erwarten, dass unter dem Einfluss der Ernährung durch das Blut die Negativität eines Muskelquerschnittes schneller als ohne diesen Einfluss abnehmen, Anfrischen des Querschnittes dann aber eine beträchtliche Kraftsteigerung hervorrufen würde.

1) Vergleichende Untersuchungen zur Lehre von der Muskel- und Nervenelektricität. Dies Archiv, Bd. 15 p. 148.

Diese Kraftsteigerung musste, wegen des Fortkriechens der Starre in den Muskelröhren, innerhalb gewisser Grenzen um so erheblicher ausfallen, je weiter von der Wunde entfernt der neue Querschnitt angelegt wurde. Bei der Cirkulation entzogenen, ausgeschnittenen monomeren Muskeln sinkt wie bekannt die manifeste Kraft nur sehr langsam und ist Anfrischen jederzeit so gut wie unwirksam.

Zur Prüfung dieser Voraussetzungen wurden die folgenden Versuchsreihen unternommen.

Fünfzehn gesunden Exemplaren von Rana esculenta wurde mittelst eines sehr kleinen und spitzigen durch die Oberschenkelhaut eingestochenen Messerchens der M. sartorius der einen Seite (bald der rechten bald der linken) mit einem kräftigen Schnitt, in etwa 4 mm. Entfernung vom Becken, möglichst genau quer, durchschnitten. Durch die Haut hin waren die um einen oder einige Millimeter auseinandergewichenen, verdickten Schnittenden des Muskels fühlbar. Nach der Operation blieben die Frösche in grossen Gläsern bei durchschnittlich 12—18° C. in der Stube stehen. Um Eindringen von Wasser durch die, übrigens nur $1^1/_2$ mm. lange und meist sehr rasch verklebende Hautwunde zu vermeiden, wurden die Frösche nicht in Wasser, sondern nur feucht gehalten.

Nach 1, 4 und 8 Tagen ward bei je fünf Fröschen die elektromotorische Kraft gemessen und zwar:

A) des unverletzten Sartorius, zwischen natürlichem Längsschnitt (etwa 10 mm. vom Knieende in der Mitte der Vorderfläche des Muskels) und zwei künstlichen Querschnitten a und b, die ein bis zwei Minuten nacheinander in ungefähr 4 und 5 mm. Entfernung vom Beckenursprung des Muskels hergestellt wurden;

B) des operirten Sartorius, und zwar zwischen natürlichem Längsschnitt (an der nämlichen Stelle wie bei A[1]) und nacheinander a) dem alten Querschnitt und b, c, d etc., einer Reihe künstlicher Querschnitte, die in Pausen von 1 bis 2 Minuten in resp. etwa 1, 2, 3 u. s. f. Millimeter Entfernung von der Wundfläche angelegt wurden. Abwechselnd wurden A und B zuerst geprüft.

Die Ableitung erfolgte in der früher[2]) beschriebenen Weise mittelst Bindegewebsläppchen, vom Querschnitt immer möglichst breit, doch ohne Berührung des Längsschnitts.

---

1) Sie entsprach in der Regel dem Maximum der Positivität.

2) l. c. p. 118.

In der folgenden Tabelle I sind die elektromotorischen Kräfte Aa der Muskeln der gesunden Seite in Bruchtheilen eines Daniell angegeben, die des zweiten Querschnitts auf der gesunden Seite (Ab) sowie die Kräfte B (a, b, c etc.) der operirten Sartorien in Procenten der Kräfte Aa der zugehörigen gesunden Muskeln der anderen Seite. Hinter den Maxima und Minima der manifesten Kräfte Ba sind jedesmal die bei demselben Muskel gemessenen Maxima der latenten Kraft (meist Bd oder Be entsprechend), ebenfalls in Procenten der zugehörigen Kräfte Aa, in Klammern beigefügt.

Tabelle I.

		A		B						
		a	b	a		b	c	d	e	f
1 Tag nach der Operation.	Mittel	0.050 D	91.4 %	24.7		64.5	72.8	78.3	77.7	65.7
	Maximum	0.066	102.0	48.8	(97.0)	99.0	101.0	100.0	112.0	108.0
	Minimum	0.030	82.1	9.1	(80.0)	42.9	51.7	54.0	49.6	53.2
4 Tage nach der Operation.	Mittel	0.050	95.5	14.1		44.7	61.6	69.7	64.8	54.0
	Maximum	0.064	99.0	21.8	(68.1)	71.8	87.5	96.6	82.5	56.0
	Minimum	0.038	93.5	3.9	(62.1)	21.5	40.0	53.5	52.5	52.0
8 Tage nach der Operation.	Mittel	0.037	88.9	5.3		35.9	50.7	53.1	57.2	51.0
	Maximum	0.048	100.0	15.2	(103.3)	93.5	108.3	95.7	91.3	61.7
	Minimum	0.032	80.4	0.0	(61.7)	5.4	13.3	28.3	25.0	37.5

In der That treffen die ausgesprochenen Erwartungen ein: die manifeste Kraft Ba des subcutan angelegten Querschnittes sinkt verhältnissmässig rasch, und zwar tief unter die durch Anfrischen noch zu erzielende, übrigens gleichfalls sehr merklich sinkende latente Kraft.

Letztere = 1 gesetzt betrug die entsprechende manifeste Kraft Ba

nach 1 Tage im Mittel 0.32 (Maxim. 0.44, Minim. 0.11)
» 4 Tagen » » 0.20 (» 0.32, » 0.06)
» 8 » » » 0.09 (» 0.16, » 0.00)

Sowohl die Mittel als die Maxima und Minima zeigen demnach das allmähliche Sinken. Letzteres hat wie man sieht am ersten Tag mit grosser Geschwindigkeit, späterhin langsam und im Mittel nahezu geradlinig Statt. Der Verlauf berechtigt zu der Erwartung, dass es noch weiter, bis zur Unmerklichkeit der Kraft Statt haben werde. In der That wurde Ba schon nach 8 Tagen in zwei von fünf Fällen gleich Null gefunden bei einer latenten Kraft von 0.0232 resp. 0.0227 D.

Tabelle I bestätigt weiter, dass die latente Kraft mit zuneh-

mender Entfernung von der Wunde allmählich wächst. Sie erreichte in der Mehrzahl der Fälle ihr Maximum nach dem ersten Tage in etwa 3, nach dem 4. in 4, nach dem 8. in etwa 5—6 mm. Entfernung von der Wunde. Uebrigens kommen hier beträchtliche Abweichungen vom Mittel vor. Man kann es den Muskeln sogleich ansehen, ob die Kraft rasch oder langsam mit dem Abstand von der Wunde wachsen wird. Im ersten Falle erscheinen sie bis dicht an die Wundfläche heran fast völlig normal. Eine schwache diffuse Trübung in einer höchstens 1—2 mm. breiten, zunächst an die Wundfläche grenzenden Schicht ist alles Abnorme was man sieht. Dem entsprechend zuckt auch der Muskel schon beim ersten Anfrischen kräftig, und wird das Maximum der latenten Kraft schon beim ersten, häufiger dem zweiten Schnitt erreicht. Im anderen Falle ist der Muskel bis auf 3, 4 mm. oder noch etwas weiter von der Wunde stark hyperämisch, mitunter voll mikroskopischer Extravasate, trübe, geschwollen; er zuckt dann beim Durchschneiden nur schwach und mit einzelnen Fasern, so lange der Schnitt nicht ins normal Aussehende fällt und das Maximum der Kraft wird in Uebereinstimmung hiermit erst etwa beim 5. Schnitt oder noch später erreicht.

Wie nun bei Ausschluss der Cirkulation der Verlauf der Dinge sich gestaltet, lehren z. Th. schon die älteren Versuche an ausgeschnittenen, überlebenden Froschmuskeln. Beispielsweise[1]) sank die Kraft des Sartorius bei 12—25 °C. im feuchten Raum innerhalb 24 Stunden auf 38.7 % (Mittel aus 33 Versuchen) und hob sich beim Anfrischen in 1—2 mm. Entfernung von der Wunde nur um 3.9 %.

Dieses abweichende Verhalten könnte gleichwohl noch in anderen Umständen als im Fehlen der Ernährung durchs Blut begründet sein. Denn es werden ja durch das Entfernen des Muskels aus dem Körper fast alle Bedingungen geändert.

Um näher zu ermitteln, welchen Einfluss Ausschliessung der Blutcirkulation allein auf das Verhalten der manifesten und latenten Kraft ausübe, wurde desshalb eine Versuchsreihe unternommen, in der genau wie bei der ersten verfahren, ausserdem aber den operirten Fröschen das Herz durch ein kleines vorn aus der Brustwand geschnittenes Fenster hervorgezogen und über der Atrioventrikulargrenze abgeschnitten wurde. Binnen wenigen Minuten hatten die Frösche nahezu alles Blut durch die Wunde verloren;

1) S. dies Archiv, Bd. 15. p. 124.

dennoch blieben die meisten, feucht aufbewahrt, noch länger als 24 [h] am Leben.

Bei fünf solcher Frösche die nach Ablauf eines Tages noch sehr lebhaft, ja reizbarer fast als normal erschienen, wurden nach dieser Zeit die in der ersten Versuchsreihe angegebenen Kraftbestimmungen ausgeführt. Alles dort Gesagte gilt auch hier, wie denn auch die Bedeutung der Buchstaben in Tabelle II dieselbe ist wie in Tab. I.

Tabelle II.

	A		B					
	a	b	a		b	c	d	e
Mittel	0.0448 D.	98.4 %	51.6		50.9	71.5	71.2	68.3
Maximum	0.0504 »	110.9 %	70.6	(88.8)	88.3	88.8	78.8	78.0
Minimum	0.0368 »	87.3 %	37.0	(61.0)	39.1	61.0	61.0	50.0

Während also die latente Kraft, wie nicht anders zu erwarten, etwas tiefer sinkt, als unter gleichen Bedingungen bei erhaltenem Kreislauf, hält sich die manifeste auf sehr viel bedeutenderer Höhe. Erstere wiederum gleich 1 gesetzt, sank letztere nur

im Mittel auf 0.72 (gegen 0.32 bei erhaltenem Kreislauf)
» Maxim. » 0.96 (» 0.44 » » »
» Minim. » 0.54 (» 0.11 » » »

Immerhin aber bleibt demnach ein die manifeste Kraft schwächender Einfluss auch nach Ausschluss der Cirkulation noch sehr merkbar. Dies kann nun aber zunächst schon darum nicht Wunder nehmen, weil unter den Bedingungen der Versuche von Tab. II Ernährung durch Blut [1]) und Lymphe nicht ganz ausgeschlossen, sondern zweifellos nur erheblich herabgesetzt war. Der geringe Erfolg des Anfrischens der auch bei ausgeschnittenen Muskeln nach 24 [h] beobachtet wurde, deutet darauf hin, dass sogar unter den so ungünstigen Bedingungen dieses Falles Einflüsse, die eine restitutio ad integrum in elektromotorischer Beziehung anstreben, noch wirksam sind, wie diess ja auch in Bezug auf die mechanischen Leistungen unzweifelhaft ist (Erholung). Man hat hier wohl an die die Fasern tränkende und in den capillaren Spalten zwischen ihnen vorhandene Ernährungsflüssigkeit zu denken.

Noch ein anderer wichtiger Umstand kommt aber zur Erklä-

1) Wirklich wurde in allen Fällen bei der Sektion noch etwas Blut in den Muskeln gefunden.

rung des verschiedenen Verhaltens der manifesten Kraft ausgeschnittener und nicht ausgeschnittener, namentlich blutdurchströmter Muskeln in Betracht: der Einfluss der Nerven. Im ersteren Falle sind die Muskeln nicht nur dem Blut- und Lymphstrom, sondern auch dem Einfluss des centralen Nervensystems völlig entzogen. Sie werden insbesondere nicht mehr erregt. Da Wechsel zwischen Ruhe und Thätigkeit (Erregung) eine allgemeine Bedingung für die Erhaltung der Integrität reizbarer organisirter Elemente zu sein scheint, darf man erwarten, dass Fortbestehen des Zusammenhanges zwischen Muskel und Nervencentren, schon insofern es mit zeitweiliger Reizung der Muskeln verbunden ist, im Allgemeinen das Unwirksamwerden des künstlichen Querschnitts befördern wird.

Zwar glückte es du Bois-Reymond[1]) nicht, an ausgeschnittenen Muskeln wie den natürlichen so auch den künstlichen Querschnitt durch Tetanisiren vom Nerven aus merklich parelektronomisch zu machen. Den Grund hiervon darf man aber ohne Zweifel mit du Bois-Reymond[2]) darin erblicken, dass die am künstlichen Querschnitt entstehende parelektronomische Schicht durch die daselbst sich bildende Säure sogleich wieder zerstört wird. »Der vom künstlichen Querschnitt aus fortschreitende Tod des Muskels wäre also Ursache, dass dort keine terminale Nachwirkung zu Stande kommt« [3]). Bei subcutan durchschnittenen, blutdurchströmten Muskeln war es immerhin sehr wohl möglich, dass ein positiver Einfluss der Nerven zu Tage trat.

Um dies zu prüfen, wurden bei 15 gesunden Exemplaren von Rana esculenta ausser dem Sartorius noch der Plexus ischiadicus derselben Seite mit völliger Schonung der Gefässe (sehr kleine Haut- und Muskelwunde) durchschnitten. Uebrigens ward in allen Dingen genau so wie bei der ersten Versuchsreihe verfahren. Die Bezeichnungen in Tab. III sind demzufolge auch dieselben wie in Tab. I.

1) E. du Bois-Reymond, Ueber die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung. 3. Abtheilung. Arch. f. Anat., Physiol. etc. 1876. p. 128 flg.

2) ibid. p. 149 flg.

3) du Bois-Reymond, ibid. p. 150.

Tabelle III.

		A		B						
		a	b	a	b	c	d	e	f	g
1 Tag	Mittel	0.0504D	100.6%	42.5	70.2	75.8	76.3	79 8	76.6	
nach der	Maximum	0.0534	106.0	70.2 (119.6)	112.3	119.6	112.3	109.0	92.5	
Operation	Minimum	0.0440	96.1	27.6 (50.7)	38.8	50.7	49.3	50.7	44.8	
4 Tage	Mittel	0.0467	92.8	25.8	61.7	78.7	87.7	82.1		
nach der	Maximum	0.0560	99.0	42.0 (70.0)	81.4	96.6	99.0	98.2		
Operation	Minimum	0.0380	83.1	19.7 (98.2)	48.0	58.0	62.0	68.0		
8 Tage	Mittel	0.0408	97.1	14.3	42.4	62.7	69.1	74.5	76.5	70.0
nach der	Maximum	0.0488	99.0	31.3 (101.2)	78.0	94.0	92.0	87.5	101.2	90.0
Operation	Minimum	0.0320	95.1	0.0 (70.0)	23.0	45.6	44.6	40.0	40.0	38.0

Vergleichen wir diese Zahlen mit denen der Tabelle I, so ergiebt sich sofort der erwartete Einfluss: die manifeste Kraft nimmt bei durchschnittenen Nerven absolut sowohl wie im Vergleich zur latenten Kraft bedeutend langsamer (durchschnittlich etwa um die Hälfte langsamer) ab, als bei erhaltenem Zusammenhang mit dem centralen Nervensystem. Das Maximum der latenten Kraft in jedem Falle gleich 1 gesetzt betrug die manifeste Kraft

nach 1 Tage	im Mittel	0.53	gegen	0.32	bei nicht durchschnittenem Nerven
	» Maxim.	0.59	»	0.44	» » » »
	» Minim.	0.37	»	0.11	» » » »
nach 4 Tagen	» Mittel	0.29	»	0.20	» » » »
	» Maxim.	0.60	»	0.32	» » » »
	» Minim.	0.20	»	0.06	» » » »
nach 8 Tagen	» Mittel	0.19	»	0.09	» » » »
	» Maxim.	0.31	»	0.16	» » » »
	» Minim.	0.00	»	0.00	» » » »

Wir dürfen es also als erwiesen ansehen, dass wie in der Erhaltung des Blutstromes so auch in der Erhaltung des lebendigen Zusammenhanges mit dem centralen Nervensystem Bedingungen gegeben sind, welche die elektromotorische Wirksamkeit künstlicher Querschnitte zu vernichten streben. Da in allen übrigen Hinsichten der Einfluss jener beiden Umstände so weit bekannt in Erhaltung bezüglich Herbeiführung normaler Zustände sich äussert, muss dies auch in Hinsicht auf die elektromotorischen Erscheinungen angenommen werden. Dies heisst aber nichts Anderes als: im normalen ruhenden Muskel existiren keine merklichen elektrischen Spannungsunterschiede.

(Aus dem Institute für allgemeine Pathologie und Pharmacologie an der Universität zu Klausenburg.)

Beitrag zur Lebenszähigkeit des Säugethier-Foetus.

Von

Prof. **Andreas Högyes.**

In einer diesjährigen ärztlichen Fachsitzung der Klausenburger medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft, wo ich die Wirkung des Kohlenoxydgases auf den Verlauf der Athmungsbewegungen während der Erstickung experimentell demontrirte, kam zufällig ein trächtiges Kaninchen unter das Experiment. Als die Phasen der Vergiftung abgeflossen, bei dem Thiere auch die letzte Respiration vorüber war, und dasselbe ganz unempfindlich, unbeweglich, todt vor mir lag, zeigte sich bei der nach ungefähr 4—5 Minuten vor dem Auditorium vorgenommenen Section ausser den bekannten Symptomen der Kohlenoxydvergiftung bei Eröffnung der Eihäute der trächtigen Gebärmutter jene merkwürdige Erscheinung, dass die ungefähr 8—9tägigen Embryonen noch am Leben waren. Als ich die Embryonen aus ihren Häuten entwickelte, fingen sie, als sie die Luft traf, sogleich zu athmen an; dasselbe geschah, wenn ich im Fruchtwasser, bevor sie noch mit der Luft in Berührung kamen, den Nabelstrang comprimirte. Dieselben Erscheinungen zeigten sich auch dann, wenn ich den Foetus sammt Placenta von dem mütterlichen Theile der Placenta abtrennte und dann die Eihäute eröffnete oder den Nabelstrang comprimirte. Während ich die 6 Embryonen derart untersuchte, verging eine gute Viertelstunde und auch bei Eröffnung der Eihäute des letzten Foetus waren dieselben Erscheinungen sichtbar, wie bei dem ersten. Bei jedem Embryo entstanden bei Compression des Nabelstranges oder bei Berührung mit der Luft seltene tiefe Respirationen, welche frequenter wurden, wenn ich den Foetus mechanisch reizte, in welch' letzterem Falle ausserdem auch noch in den Extremitäten Bewegungen entstanden. Später hörten die selbstständigen Athmungsbewegungen auf, und nur die Reflex-Erregbarkeit blieb bei jedem Embryo circa 20 Minuten hindurch zurück.

Dasselbe beobachtete ich noch bei folgenden zwei Experimenten.

Bei einem Experimente machte ich bei einem grossen trächtigen Kaninchen nach vorhergegangener Tracheotomie zum Hervorziehen der schwangeren Gebärmutter über der Symphyse in der Linea alba einen Bauchschnitt; nachdem ich die Uterushörner hervorgezogen, versetzte ich das ganze Thier mit Ausnahme des Kopfes und der Trachea in eine auf 38° C. erwärmte Salzlösung von 5 pro mille, damit ich die Embryonen während der Eröffnung der Eihäute in einem Medium von möglichst solcher Temperatur und Zusammensetzung beobachten könne, als in dem lebenden Uterus das Fruchtwasser ist. An den hervorgezogenen, sich lebhaft bewegenden Uterushörnern konnte man von Aussen sieben Foetus zählen, welche sämmtlich in lebhafter Bewegung waren. Zuerst eröffnete ich die Eihäute eines Foetus, und hob denselben, indem ich ihn mit der Gebärmutter in Verbindung bleiben liess, aus dem Wasser, sogleich begann das selbstständige Athmen. Dann vergiftete ich das Mutterthier, indem ich dessen Trachea mit dem Kohlenoxydgasbehälter verband, und als während 1′ und 30″ die Vergiftung verlief, auch der letzte Athemzug vorüber war, befreite ich nach einander auch die übrigen Foetus von ihren Hüllen. Die Uterus- und Foetusbewegungen, sowie die peristaltische Bewegung der Gedärme blieben während der Vergiftung unverändert.

Die Embryonen lebten nach dem Tode des vergifteten Mutterthieres dem Versuchsprotokolle gemäss die Zeitdauer betreffend, wie in der nächsten Zusammenstellung folgt. Die Zeit wird von dem letzten Athemzug des Mutterthieres angefangen gerechnet.

Den I. Foetus legte ich 7′ 50″ vor der Vergiftung auf die oben angegebene Weise blos. Sogleich begann eigene Respiration. Das selbstständige Athmen hörte nach Verlauf von 35′ und 20″ nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres auf, während die Reflexerregbarkeit noch 1 St. 13′ und 20″ hindurch bestand.

Den II. Foetus entwickelte ich nach Verlauf der Vergiftung 4′ 15″ nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres; sobald ich ihn aus dem Wasser hob, begannen die selbstständigen Athmungsbewegungen. Später blieben diese aus und nur auf mechanische Reizung entstanden Respirationen, circa 46′ 40″ hernach blieben auch diese aus, die Reflexerregbarkeit dauerte aber noch ungefähr eine Stunde.

Den III. Foetus entwickelte ich 5′ und 10″ nach der letzten Respiration des Mutterthieres, so dass ich ihn über das Wasser brachte, und den Nabelstrang von dem Mutterkuchen abriss. Sogleich begann die eigene Athmungsbewegung. Nach ungefähr 16′ begann nur noch auf Reizung die Respiration, später auch darauf nicht; in den Extremitäten entstanden auch noch nach Verlauf von 35′ und 20″ Reflexbewegungen. Dieser Foetus überlebte beiläufig um 38 Minuten seine Mutter.

Den IV. Foetus hob ich 9 Minuten nach dem letzten Athemzug der Mutter aus, so, dass ich die ganze Eihaut sammt dem fötalen Antheil des Mutterkuchens von dem mütterlichen Theile der Placenta abtrennte. Sogleich entstand selbstständiges Athmen innerhalb der Eihäute: Nach einigem Athemholen blieben jedoch die eigenen Respirationsbewegungen aus, während man auf mechanische Reizung noch ungefähr 26′ 40″ hindurch Respirationsbewegungen auslösen konnte. Hernach entstanden auf Reizung nur noch in den Extremitäten und in dem Kopfe Reflex-Bewegungen, bis zuletzt auch diese aufhörten. Dieser Foetus überlebte beiläufig um 44 Minuten seine Mutter.

Den V. Foetus entwickelte ich 12′ und 10″ nach dem letzten Athemzug der Mutter. Nach Eröffnung der Eihäute und nach dem Ausheben aus dem Wasser entstand auf mechanische Insulte eigene Respiration, welche jedoch bald sistirte, so dass schon nach 16′ und 20″ nur auf starke Reizung sich selten eine Respirations-Bewegung zeigte, und nach 26′ und 40″ auch diese aufhörte, während die Reflex-Bewegungen der Extremitäten auch nach 35′ 20″ zugegen waren. Dieser Foetus mochte ungefähr um 38′ das Mutterthier überleben.

Der VI. Foetus bewegte sich innerhalb der Eihäute noch 17′ 10″ nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres. Um 18′ 35″ entwickelte ich ihn. Nach Bloslegung zeigte sich jedoch weder auf mechanische Reizung noch auf Compression des Nabelstranges Respirationsbewegung, obwohl auf mechanische Insulte die oberen Extremitäten und der Kopf in Bewegung geriethen. Um 35′ 20″ war die Reflex-Erregbarkeit noch zugegen. Um 42′ 20″ war sie schon verschwunden. Auch dieser Foetus mochte ungefähr 38′ seine Mutter überleben.

Den VII. Foetus entwickelte ich 24 Minuten nach der letzten Respirationsbewegung der Mutter. Auch hier konnte man keine

Athmungsbewegung mehr durch Reizung oder Compression des Nabelstranges hervorrufen. Auch die Reflex-Erregbarkeit war gering, so dass auf Reizung nur in der Haut sich hie und da Zuckungen zeigten auch noch nach 35′ und 20″. Um 42′ 20″ war jedoch auch diese geringe Reflex-Bewegung vergangen. Auch dieser Foetus mochte ungefähr 38 Minuten seine Mutter überleben.

Bei einem anderen Experimente, wo ich das trächtige Kaninchen von der hier präparirten und mit Canüle versehenen Trachea aus mittelst Kohlenoxyd vergiftete, unterliess ich vorhinein den Bauchschnitt, öffnete nur nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres, welcher nach Verlauf von 2′ und 30″ erfolgte, die Bauchhöhle und untersuchte die Foetus an der freien Luft. In den hervorgehobenen Uterushörnern zeigten sich 6 Foetus, welche zeitweise in dem lebhaft sich zusammenziehenden Uterus sämmtlich in Bewegung waren. An den Foetus konnte man nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres die Lebens-Symptome folgendermassen beobachten.

Den I. Foetus entwickelte ich aus der Gebärmutter 1′ 50″ nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres. Sobald er an die Luft gelangte, begann die eigene Respirationsbewegung, später entstanden jedoch nur auf mechanische Reizung Athmungsbewegungen.

Den II. Foetus entwickelte ich 3′ 30″ nach dem letzten Athemzug der Mutter. Auf Compression des Nabelstranges innerhalb der Eihäute trat das Athmen nicht ein, sobald ich aber dieselben öffnete, und den Foetus die Luft traf, begann die Athem-Bewegung.

Den III., IV. und V. Foetus entwickelte ich 5′ 30″, — beziehungsweise 7′ 30″ und 9′ 10″ nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres. Athmungsbewegungen konnte ich aber weder auf mechanische Reizung, noch auf Compression des Nabelstranges auslösen. Auf mechanische Insulte zeigten sich jedoch lebhafte Reflex-Bewegungen an allen 5 Foetus auch noch nach Verlauf von 20 Min. nach der letzten Respirationsbewegung des Mutterthieres.

Bei dem VI. Foetus, welchen ich nach Verlauf von 29′ nach dem letzten Athemzug des Mutterthieres aus den Eihäuten bloslegte, zeigte sich nur eine sehr geringe Reflex-Erregbarkeit.

Dieses Factum, dass nämlich bei Kohlenoxydvergiftung die Foetus das Mutterthier längere Zeit überleben, blieb mir eine Zeitlang ein Räthsel. Nach den Untersuchungen

Zweiffel's[1]) verlaufen nämlich, wenn man ein trächtiges Thier durch Compression der Trachea ersticken lässt, in dem Foetus die Symptome des eintretenden Sauerstoffmangels während derselben Zeit, wie bei der Mutter, die Foetus in der Gebärmutter sterben gleichzeitig mit dem Mutterthiere. Diese Zeit der Erstickung kann bei einem Kaninchen bei Verschluss der Trachea auf 3—4′ geschätzt werden[2]). Diese Zeit der Erstickung wird, wenn man in dem Augenblicke des Verschlusses der Trachea in die Lunge des Thieres giftige Gase führt, meinen Untersuchungen gemäss bedeutend abgekürzt; der Kohlenoxyd-Erstickungstod verlief auch in den oben mitgetheilten Fällen, anstatt während der gewöhnlichen Zeit von 3—4′, schon während 1′ 30″ respective während 2′ 30″. Auf Grund dieser bestehenden Erfahrungen könnte man annehmen, dass in dem Falle, dass aus dem Blute der Mutterplacenta das Kohlenoxyd in das Blut der Foetalplacenta übergeht, es in der Circulation des Foetus dieselben Veränderungen hervorrufen würde, wie in dem Mutterorganismus, der Foetus würde zugleich mit dem Mutterorganismus sterben, oder in dem Falle, wenn das Kohlenoxyd nicht in die Foetal-Circulation übergeht, wäre der junge Organismus auf seinen eigenen Sauerstoffvorrath angewiesen und es würden bei demselben die Symptome der gewöhnlichen Erstickung auftreten, und so rasch verlaufen, als in dem Falle, da man die Trachea der Mutter comprimirt. In keinem dieser Fälle könnte der Foetus die Mutter überleben, könnte höchstens so lange am Leben bleiben, als der Mutterorganismus selbst. Das Letztere könnte man aus dem Umstande erwarten, dass das Kohlenoxyd wirklich nicht in den Foetal-Kreislauf übergeht. Bei der Spektral-Untersuchung des Blutes konnte ich weder in dem Blute des Foetus noch in dem der Placenta Kohlenoxyd nachweisen; während in dem Blute des Mutterorganismus (die Uterinal- und Mesenterial-Venen ausgenommen, auf welche ich später zurückkomme) auf Hinzugabe von Schwefelammonium oder Stokes'scher Flüssigkeit, die zwei Absorptionsstreifen unverändert blieben, kam in dem Placenta- und Foetalblute die bekannte Reduction zu Stande.

---

1) Die Respiration des Foetus. Archiv für Gynäkologie 9. B. p. 291 1873.

2) A. Högyes, Ueber den Verlauf der Athmungsbewegungen während der Erstickung. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie 1875 und Orvosi Helilop 1875.

In den oben mitgetheilten Fällen lebten aber die Foetus fünfmal, sechsmal, ja sogar noch beträchtlich länger, als die Dauer der Erstickung eines erwachsenen Thieres beträgt.

Die zuletzt mitgetheilten, sehr interessanten Beobachtungen von Zuntz und Pflüger (Prof. N. Zuntz: Ueber die Respiration der Säugethier-Foetus. — E. Pflüger: Die Lebenszähigkeit des menschlichen Foetus[1]) geben den Schlüssel zur Lösung des Räthsels. Der erste Forscher fand nämlich bei seinen Experimenten, dass wenn er bei einem trächtigen Thiere in dem Foetal-Kreislauf dadurch Sauerstoffmangel hervorrief, dass er den Nabelstrang unter dem Wasser comprimirte, der Foetus nach 3—4 mal längerer Zeit erstickte, als wenn in demselben durch Erstickung des Mutterthieres Sauerstoffmangel entstand und demzufolge Erstickung erfolgte; die Ursache dieser Erscheinungen, wie man aus den eintretenden Farbenveränderungen der Nabelgefässe folgern kann, besteht darin, dass die Mutterplacenta und der lebhaft sich bewegende Uterus, sobald ein Sauerstoffmangel während der Erstickung in ihnen entsteht, denselben sehr begierig aus dem Foetal-Kreislaufe entziehen, so dass demzufolge bei dem Foetus rasch Sauerstoffmangel und Ersticknng eintritt, während dies nicht geschehen kann, wenn der Nabelstrang comprimirt wird, in welchem Falle der Foetus sämmtlichen Sauerstoff-Vorrath selbst aufbrauchen kann und länger leben bleiben, als Zeichen, dass in dem jungen Foetus der Sauerstoffverbrauch nicht so intensiv geschieht, wie in dem erwachsenen Thiere und der junge Foetus den Sauerstoffmangel viel länger erträgt, als der erwachsene Organismus.

Bei Wiederholung der Experimente von Zuntz hatte auch ich Gelegenheit mich von diesen Thatsachen zu überzeugen.

Auf Grund dieser Kenntnisse gewinnt auch jene in der Einleitung zur Kenntniss gebrachte Thatsache ihre Erklärung, dass in einem durch Kohlenoxyd vergifteten trächtigen Thiere die Foetus den Tod des Mutterthieres bedeutend überleben. In den Gefässen des mit Kohlenoxyd vergifteten Mutterthieres circulirt Kohlenoxyd-Haemoglobin enthaltendes Blut, welches den in dem Foetal-Kreislaufe circulirenden Sauerstoff ebensowenig entziehen kann, als es in der Lunge zur Aufnahme des Sauerstoffes fähig ist. Demzufolge bleibt der Foetal-Kreislauf im Besitze seines Sauerstoff-

---

1) Pflüger: Archiv für die gesammte Physiologie. 14. B. 11—12. Heft 1877.

Vorrathes und daraus können sich die Gewebe des Foetus eben so lange erhalten, als wenn der Nabelstrang comprimirt wird.

Mit dieser Annahme steht einigermassen jener Umstand im Gegensatze, dass man in den erweiterten grossen Venen des Uterus Kohlenoxyd nicht nachweisen konnte, in so ferne in seinem Blute die zwei Absorptionsstreifen in einen verschmolzen und später sogar verschwanden, so dass demzufolge angenommen werden könnte, dass nicht einmal in den Uterus Kohlenoxyd übergeht; aus welchem Grunde wiederum man nicht verstehen könnte, warum die Embryonen am Leben geblieben, während, wenn die Annahme Zuntz's besteht, so hätte der in lebhafter Bewegung sich befindliche Uterus den Sauerstoff-Vorrath entziehen müssen und müssten die Foetus allenfalls nur sehr kurze Zeit die Mutter überleben. Jedoch konnte man in dem, aus den Verästelungen erster bis zweiter Ordnung der Arteria Uteri gewonnenen Blute das Kohlenoxyd zweifellos nachweisen, so dass kein Zweifel darüber obwalten konnte, dass das Kohlenoxyd-Haemoglobin enthaltende Blut in die Uterus-Gefässe gelangt. Was wird demnach aus dem Kohlenoxyd, während das Blut durch die Capillargefässe in die Venen übergeht? Die Ursache des Verschwindens kann entweder sein, dass es als solches ausgeschieden, oder dass es in Folge der sehr lebhaften Bewegungen des Uterus, welche bei Kohlenoxyd-Vergiftung nach dem Tode der Mutter, ja sogar nach dem Tode der, die Mutter beträchtlich überlebenden Foetus noch lange bestehen, zu Kohlensäure oxydirt wird. Die erste Ursache kann in Folge jenes Umstandes nicht in Betracht kommen, da wenn es im Allgemeinen ausgeschieden würde, es nicht zu verstehen wäre, warum es aus der Mutterplacenta nicht in den Foetal-Kreislauf übergeht. Den zweiten Grund unterstützt jener negative Beweis, jene Erfahrung Claude Bernard's, dass aus dem Kohlenoxyd enthaltenden Blute, wenn es in einem für längere Zeit in Bewegung versetzten Muskel circulirt, das Kohlenoxyd verschwindet[1]). Die Bewegungen des Uterus dauern bei Kohlenoxyd-Vergiftung nach der letzten Respiration der Mutter sehr lange und lebhaft fort, in dem oben mitgetheilten Experimente beinahe eine Stunde. Diese Bewegungen konnten es beeinflussen, dass bei der nach Aushebung des letzten Embryos vorgenommenen Spektral-Untersuchung kein Kohlenoxyd mehr in den Uterinal-Venen nachzuweisen war. Auch

1) Leçons sur les Anesthesiques et sur l'Asphysie.

die peristaltischen Bewegungen der Gedärme dauern, wenn auch nicht so lebhaft, doch lange fort. In dem aus den Mesenterialvenen gewonnenen Blute kann jedoch Kohlenoxyd noch nachgewiesen werden, da die reducirenden Stoffe das Haemoglobin nur halb reduciren, in so ferne in dem Spektrum des Blutes zwischen den zwei Streifen des Kohlenoxyd-Haemoglobin's auch ein verschwommener und dunkler Streifen des reducirten Haemoglobin's sichtbar ist[1]). Diese Oxydation des Kohlenoxyd zu Kohlensäure erfolgt wahrscheinlich später, nach Sistirung der Circulation der Uterinal-Gefässe, so dass das Blut zu spät von seinem Kohlenoxyde befreit wird, um den zu dieser Zeit schon verschwindenden Sauerstoffvorrath der Foetal-Circulation zu entziehen.

Jenes Factum also, dass in einem trächtigen Thiere bei Kohlenoxydvergiftung die Foetus die Mutter überleben, dient als Beitrag zu jener Annahme Pflüger's und Zuntz's, dass obwohl beim Foetus ein eigener Gasaustausch geschieht, dieser verhältnissmässig viel langsamer von Statten geht, als beim erwachsenen Organismus. Die Zähigkeit des jungen Säugethier-Foetus ist am frühen Morgen seines Lebens viel grösser, als da er von dem Mutterorganismus getrennt auf eigene Faust für seine Existenz mit der Aussenwelt kämpft.

Interessant ist noch eine Erscheinung bei der Vergleichung des Verlaufes der Erstickung eines erwachsenen Organismus und eines Foetus. Das ist, dass bei einem erwachsenen Organismus die Reflex-Erregbarkeit um vieles früher aufhört, als die Athmungsbewegungen. Wenn nämlich das Thier durch Compression der Trachea erstickt wird, hört schon am Ende der 2. Minute oder am Anfange der 3. mit dem Abklingen der Erstickungs-Krämpfe und dem Exophtalmus die Reflex-Erregbarkeit auf, während symmetrische, seltene, tiefe Respirationen nach einer kürzeren oder längeren Athmungspause noch eine oder manchmal anderthalb Minuten hindurch bis zu Ende der vierten Minute fortdauern[2]). Bei Erstickung des Foetus verschwinden früher die Athmungsbewegungen und erst nach längerer Zeit dann die Reflex-Erregbarkeit.

1) Claude-Bernard's obiges Werk. p. 457, die 7. Figur.

2) Ueber den Verlauf der Athmungs-Bewegungen während der Erstickung an der citirten Stelle.

Ueber Indikan und das Verhältniss des Herrn Dr. Max Jaffe zum Begriff der chemischen Reinheit.

Von

J. L. W. Thudichum in London.

---

1. Vom „reinen" und „unreinen" Indikan.

Im dritten Bande dieses Archivs p. 448 (1870) findet sich eine mehr als zwanzig Seiten lange Abhandlung von Max Jaffe unter dem Titel: »Ueber den Nachweis und die quantitative Bestimmung des Indikans im Harn«. Im Exordium schildert der Verfasser seine Absichten, die aber vom Exodium Seite 468 als wenigstens theilweise unerreicht entschuldigt werden. Vermöge einer peripathetischen Einleitung, in welcher auch »Andeutungen« aus der reinen Chemie und aus den neueren Romanzen aus der Thierchemie gemacht werden, kommt dann der Verfasser Seite 451 zu einem Bekenntniss, welches dem Titel seiner Abhandlung kaum Rechnung trägt. Er gibt nämlich »den Gedanken an eine directe Gewichts- oder maassanalytische Bestimmung des Indikans als solchem von vornherein auf«, weil er eben das Indikan oder auch nur ein wenig Indikan überhaupt aus dem Harn ebensowenig isoliren kann als andere Experimentatoren vor ihm. Er begnügt sich mit der Wägung eines Products, welches er Indigo nennt, und zieht dann mit Hülfe von Voraussetzungen, von denen eine sogar als nothwendig geschildert wird, Schlüsse auf seinen Hauptgegenstand, nämlich das Indikan. Dieses figurirt nun ebenfalls nur als Voraussetzung, und zwar als eine, von der man nicht einmal sagen kann, dass sie eine Definition zulasse. Allein nichts destoweniger ist dieses niemals isolirte, sondern nur vorausgesetzte Indikan doch in der Lage Bedingungen zu machen. Denn es entfaltet seine Reize bei Gegenwart von Säuren rückhaltslos nur im Strahlenglanz der Reinheit. »Je reiner das Indikan, desto ausgiebiger erfolgt die Spaltung desselben durch Säuren, je unreiner, desto unvollständiger.« Zwar ist es schwer zu sagen, auf welche Weise der Verfasser zu der Kenntniss gekommen ist, welche ihn zu diesem Aphorismus berechtigt, denn nach S. 451

konnte das Indikan »bisher nur als hellbrauner, wahrscheinlich noch sehr unreiner Syrup dargestellt werden«. Dies ist aber auch weiter von keiner Bedeutung, denn der Verfasser zieht den Leser, wenn auch nicht schnell, doch mit einigen Windungen, aus der Klemme des Nachdenkens, indem er ihm zu verstehen gibt, dass jetzt gar nichts mehr darauf ankomme, ob die Lösung des Indikans rein sei oder nicht, weil er ein Verfahren gefunden habe, das »aus gleichen Mengen Indikan unter allen Umständen gleiche Mengen Indigo producirt«. Es besteht in dem Zusatz von Chlorkalk zu der angesäuerten Indikanlösung. Nachdem er dann die Schönheit und auch die Empfindlichkeit der Reaction, »die fast bis ins Unendliche gesteigert werden kann«, unserer Bewunderung vorgestellt (S. 453), beklagt er noch eine fehlgeschlagene Hoffnung, die aber doch eine Entschädigung gebar, nämlich die Kenntniss, »dass die Empfindlichkeit der Reaction durch Verunreinigungen geradezu gesteigert wird«. Dies ist der Antiklimax zum obigen Aphorismus. Mit Nothwendigkeit folgt daraus, dass, je reiner das Indikan, desto weniger empfindlich ist die Reaction. Endlich kann es der Leser nicht mehr aushalten, unaufhörlich von rein und unrein zu hören, ohne zu wissen was denn Herr Jaffe eigentlich damit meine, und wenn er glücklich ist findet er die gesuchte Information in einer Fussnote auf S. 454, welche lautet:

„Als »reines Indikan« bezeichne ich hier wie auf den folgenden Seiten eine Lösung, die aus Pferdeharn dargestellt wird, indem man denselben mit Eisenchlorid ausfällt, aus dem Filtrat durch Kochen mit Ammoniak oder kohlensaurem Natron den Eisenüberschuss entfernt und die filtrirte Flüssigkeit auf dem Wasserbade beliebig konzentrirt. Eine solche Lösung ist zwar meistens noch ziemlich stark gefärbt, gibt aber bei der Zersetzung mit ClH und Cl sehr reinen Indigo."

„Unter der Bezeichnung »unreine Indikanlösung« sind durchweg alkoholische Extracte aus grossen Mengen Menschenharn gemeint, die durch Behandlung mit Eisenchlorid und Ammoniak von einem Theil ihrer Verunreinigungen befreit sind."

Also das »reine Indikan« ist Pferdeharn mit Eisenchlorid und Alkali behandelt, und mit dem letzteren noch obendrein verunreinigt; die Phrase, dass das »reine Indikan« eine Lösung sei, bereitet aus Pferdeharn, ist ein unverkennbarer, aber dem Verfasser vielleicht unbewusster Weise entschlüpfter Sophismus, der leicht zur Falle für

den Leser wird. Den Contrast zwischen den Namen der beiden Präparate wird wohl kein Verständiger begründet finden, wenn er auch den Ausdruck für Menschenharn als eine unnöthige Umschreibung passiren liesse. Der Ausdruck »reines Indikan« für präparirten Pferdeharn verstösst gegen die in der Chemie anerkannten Grundregeln der Nomenklatur, und in einiger Entfernung von der definirenden Note gebraucht wird er zum Mittel der Täuschung.

2. Vom reinen und unreinen Indigo.

„Auf dem Filter gesammelt", sagt Jaffe S. 455, „bildet der flockige Farbstoff eine schön dunkelblaue Masse, die aber keineswegs frei ist von Verunreinigungen." Sie wird demnach mit kaltem und heissem Wasser, und heissem verdünntem Ammoniak gewaschen und »kann« schliesslich »durch Behandlung mit Alkohol, welcher das regelmässig vorhandene Indigoroth auszieht, vollständig rein erhalten werden.« Allein S. 461 gibt Jaffe an, dass er sie factisch in seinen quantitativen Versuchen niemals rein erhalten hat, und zwar mit Vorbedacht, zu dem folgende Sätze das Argument liefern.

„Die Extraction mit Alkohol habe ich stets unterlassen 1) weil das Indirubin stets nur in geringer Menge auftritt, 2) weil Indigoblau in Alkohol nicht ganz unlöslich, 3) aber, weil ich von der Vermuthung ausging, dass die Menge des bei der Indikanzersetzung auftretenden Indigoroths in einem constanten Verhältniss zu der des Indigoblaues steht. Wäre dies aber auch nicht der Fall, wäre bald ein grösserer, bald ein geringerer Antheil des blauen Pigments durch Indigoroth substituirt, so würde das Gewicht des Gemisches keineswegs verändert, da die beiden Farbstoffe nach Schunk's Analysen isomer sind."

Der erste dieser Gründe hat seine Vorläufer in der Weltgeschichte, z. B. im Fall des Mädchens, welches sein verheimlichtes Kind damit entschuldigte, dass es nur ein ganz kleines gewesen sei. Der zweite Grund steht richtig. Aber der Werth des dritten Arguments (das vom ersten nur qualifizirt wird) hängt offenbar von der Beantwortung der Frage ab, was denn der rothe Körper, der sich mit oder anstatt Indigo im Harn bei Behandlung mit Säuren bildet, eigentlich sei. Heller, welcher zuerst den blauen und rothen Farbstoff aus Menschenharn darzustellen lehrte, hatte den letzteren für eigenthümlich erklärt und Urrhodin genannt. Nachdem nun Kle-

tzinsky den blauen Farbstoff mit Indigo identifizirt hatte, stellte er auch die Hypothese auf, dass das Urrhodin mit Indigoroth identisch sei. Dass Schunk das pflanzliche Indirubin, wie er den Körper nannte, mit Indigoblau isomer fand, kann die gegenwärtige Frage gar nicht beeinflussen. Diese Frage kann nur durch das directe Experiment entschieden werden.

3. Experiment über das Urrhodin.

Ich stellte mir eine gewisse Menge dieses rothen Körpers auf folgende Weise dar. Ich mischte filtrirten Harn von gesunden Menschen mit dem gleichen Volum konzentrirter Salzsäure und liess drei Tage lang stehen. Erfahrung lehrte mich, dass die Zersetzung der Muttersubstanz (Urrhodinogen) in kürzerer Zeit nicht vollendet ist. Ich extrahirte nun die rothe Substanz vom getrockneten Filter entweder vermittelst absoluten Alkohols oder vermittelst Aether. Das verdampfte Alkohol-Extract hinterliess stets etwas in Aether unlösliche Substanz. Auf dem Filter hinterblieb in einigen Fällen eine blaue Spur Indigo, in anderen keine Spur. Kalter Alkohol löste den Indigo nur in sehr geringem Grade, aber kochender gab die bekannte Heller'sche Lösung. Die Aetherlösung des Rückstandes von der alkoholischen Lösung zeigte ein spezifisches Absorptionsspectrum, in welchem alles Grün durch ein dunkles Band ausgelöscht war, wenn Roth und Blau durchschienen. Der rothe Rückstand selbst zeigte einige Krystalle, war aber in der Hauptsache amorph. Beim Erhitzen gab er einen rothen Dampf, der wieder zum öligen Harz erstarrte; damit waren jetzt weisse Krystalle gemischt. Zur Analyse wurde eine Aetherlösung auf warmes Kupferoxyd getröpfelt, vollständig getrocknet und im Vakuum verbrannt. 0.0178 Grm. gaben 27.6 Cc. Gas, bei 773 Mm. Barometer und 15° C. Nach Absorption der Kohlensäure blieben 0.3 Cc. Gas. Kalisäule 94 Mm. = 9.4 Mm. Quecksilber; Quecksilbersäule 315 Mm. Spannung des Wasserdampfes bei 15° C. = 13 Mm. Quecksilber. Also

ganzes Gas normal	=	26.16 Cc.
ab Kohlensäure	=	26.00 »
bleiben Stickstoff	=	0.16 Cc.

sage sechzehn Hundertstel Cubik-Centimeter Stickstoff. Eine zweite Analyse von 0.0184 Grm. Substanz mit den gewöhnlichen ähnlichen Kautelen ausgeführt wie die vorige gab

ganzes Gas	=	28.0 Cc.
ab Kohlensäure	=	27.8 »
bleiben	.	0.2 Cc.

sage zwei Zehntel Cubik-Centimeter Stickstoff. Das Urrhodin enthält demnach ungefähr 80 % Kohlenstoff, aber keinen Stickstoff. Auf die absolute Menge Kohlenstoff wird hier aus mehreren Gründen kein Gewicht gelegt. Allein da es keinen Stickstoff enthält, kann es kein Isomeres des Indigo sein oder enthalten. Alle anderen Eigenschaften desselben bestätigen dieses Resultat. Das Urrhodin ist keineswegs Indigoroth, sondern von demselben (soweit es beschrieben ist) himmelweit verschieden.

4. Resultat mit Corollarien.

Somit zerstört Ein Experiment, dessen Resultat obwohl negativ, ganz unwidersprechlich ist, alle entgegenstehenden Angaben, »Voraussetzungen«, »Vermuthungen«, und dann auch alle quantitativen Bestimmungen des Herrn Jaffe. Denn seine gewogenen Producte waren nicht reiner als sein »reines Indikan«; sie waren mit einer stickstofffreien Substanz, dem Urrhodin gemischt, und die sie ausdrückenden Zahlen verdienen kein Vertrauen.

Ich habe über diesen Gegenstand weitere Experimente, auch mit Jaffe's Methode, und in grossem Massstabe, und an den Sekretionen verschiedener Personen gemacht. Das hat es mir ermöglicht, andere Annahmen und Voraussetzungen des Herrn Jaffe als unbegründet zu erkennen. So die bereits oben angeführte Vermuthung, dass die Menge des bei der »Indikanzersetzung« auftretenden »Indigoroths« in einem konstanten Verhältniss zu der des Indigoblaus stehe. Urrhodin habe ich aus jedem Harn erhalten, aber daneben wechselnde Mengen von Indigo, und in einigen Fällen daneben keine Spur von Indigo. Harn, welcher mit Salzsäure keinen Indigo lieferte, gab auch mit Jaffe's Reaction kein Blau, sondern Roth.

Eine andere gänzlich falsche Voraussetzung des Herrn Jaffe findet sich auf Seite 462 unten, wonach die Harnsäure bei directer Zersetzung des Urins mit Cl H u. s. w. sich in solchen Mengen abscheiden soll, dass ihre vollständige Entfernung meistens nur durch Auswaschen mit Alkalien zu erreichen sein würde. In keinem einzigen meiner Versuche, in denen zuweilen ein Liter Harn mit einem Liter rauchender Salzsäure versetzt wurde, habe ich je einen Krystall

Harnsäure oder irgend einen Absatz, der ihr ähnlich war, beobachtet. Die konzentrirte saure Flüssigkeit hält alle Harnsäure fest und sicher in Lösung.

5. Von „extrahirbaren Verunreinigungen" des Indigo- etc. Niederschlags.

Seite 456 sagt Jaffe: „Die durch heisses Wasser und Alkalien extrahirbaren Verunreinigungen haben die grösste Aehnlichkeit mit den unter dem Namen Uromelanin zusammengefassten Zersetzungsproducten eingedampften Harns, mag man dieselben mit Thudichum als Derivate des Harnfarbstoffs betrachten oder von irgend einem anderen Harnbestandtheil herleiten." Zugleich gibt Jaffe an, dass er diese Stoffe einer näheren Untersuchung nicht unterworfen habe, und dass sie nach seiner Ansicht nicht zu den Spaltungsprodukten des Indikans gehören.

Diese von der Hecke gepflückte, und für das Argument gar nicht einmal erforderliche Sentenz muss ich ernstlich tadeln. Nur wer das Uromelanin nie gesehen hat, und wenn er das darüber Gedruckte je gelesen, es wieder aus dem Gedächtniss verloren hat, kann einen solchen Satz schreiben. Das Uromelanin ist nicht in heissem Wasser löslich; es ist kein Complex von Dreck und Schmiere; sondern ein festes Molekel, an das ein Chemiker viele Fragen, auf chemische Manier, stellen könnte, ohne dass es sich seiner Inquisition entzöge. Das Uromelanin ist eine jener halsstarrigen Thatsachen, die schon 77 Jahre alt und von den Jüngern der »modernen« Chemie doch noch nicht begriffen sind. Von diesem selbigen Uromelanin habe ich viele hundert Gramm dargestellt, deren Anblick allein genügen würde, Herrn Jaffe wenn nicht eine bessere Ueberzeugung beizubringen, doch eine kleine Ueberraschung zu bereiten.

Die gänzliche Unbekanntschaft des Herrn Jaffe mit Uromelanin ergibt sich ferner aus einer Sentenz auf S. 466, wo es heisst: „In dieser Verlegenheit erinnerte ich mich aus einer Arbeit meines Collegen E. Salkowsky (dieses Archiv 1869), dass der Niederschlag, welchen neutrale Eisenchloridlösungen im Harn erzeugen, grosse Mengen jener Substanzen enthält, welche dem Thudichum'schen Uromelanin entsprechen, und welche ja auch bei meinen Versuchen als hauptsächliche Verunreinigungen des Indigo in Frage kommen."

Ich habe aus vielen Litern Urins Eisenchloridniederschläge bereitet und dieselben auf verschiedene Weisen weiter bearbeitet. Stets erhielt ich die von mir als Kryptophansäure und Paraphansäure beschriebenen Extractivstoffe, aber nie eine Spur Uromelanin. Wenn diese Substanzen durch Behandlung mit Schwefelsäure Uromelanin zu liefern im Stande sind, so kann dies nur vermöge einer Agglomeration und Condensation von Molekeln und darauf folgende Abspaltung von Aussengliedern geschehen; dieselbe wäre nun ebenso merkwürdig wie schwierig, und weder Herr Salkowsky noch Herr Jaffe hat sie ausgeführt. Wenn man aber ein derartiges Experiment ausführen könnte, so würde man mir wenigstens damit keinen Tort anthun, sondern nur ein intellectuelles Vergnügen bereiten. Denn die Abstammung des Uromelanins enthält vielleicht den Schlüssel zum Geheimniss, das die Form, in welcher der verbrauchte Blutfarbstoff den Körper verlässt, bis heute verbirgt.

6. Sturz der Indikanlehre.

Das pflanzliche Indikan möge sein was es wolle, mit der thierischen Substanz, welche im Harn enthalten ist, und mit Salpetersäure, Salzsäure und dem Jaffe'schen Reagenz Indigo liefert, darf es nicht verwechselt werden. Schon in 1864 zeigte ich, dass das thierische Prinzip, welches ich Indigogen nenne, bei seiner Verwandlung durch Säuren keinen Zucker liefere, folglich kein Glukosid, und nicht Indikan sei. Das wird nun neuerdings auch von andern zugegeben, zum Theil als ihre Entdeckung ausgegeben, aber nichts desto weniger fahren sie fort den Körper »Indikan« zu nennen. Vermöge eines solchen Kniffs kann der Fall der Lehre für die Arglosen lange ein Geheimniss bleiben. Jetzt fällt aber ausser dem Zucker auch das »Indigoroth« noch weg, und damit wird die Sache auf die Dimensionen reduzirt, welche sie vor der Veröffentlichung der Indikanlehre hatte. Diese sind in den folgenden Sätzen begriffen.

Der Harn des Menschen enthält häufig, aber nicht immer, der mancher Thiere meistens, eine bis jetzt nur daran erkennbare Substanz, dass sie mit rauchender Salzsäure oder Salpetersäure, unter Umständen mit Hülfe von Wärme, oder mit Salzsäure und einer Spur Hypochlorit Indigo liefert. Diese Substanz wird Indigogen genannt. Es ist nicht bekannt, ob sie beim Uebergang in Indigo noch andere Substanzen liefert oder nicht.

Der Harn des Menschen enthält regelmässig eine bis jetzt nur daran erkennbare Substanz, dass sie mit den vorgenannten Säuren das Urrhodin liefert, und zwar ganz unabhängig von irgend welcher Indigobildung, und in keinem Verhältniss zu derselben; diese Substanz wird Urrhodinogen genannt.

Diesen Hauptsätzen gehorcht das Detail, das ich dem Leser getrost zu disponiren überlasse, wie er es am besten findet. Denn ich möchte aus einer einfachen Sache keinen windbauchigen Artikel machen, dergleichen man heute so viele zu sehen bekommt.

(Aus dem physiologischen Institute zu Breslau.)

Widerlegung

der von Herrn J. L. W. Thudichum erhobenen Einwände gegen den von mir gelieferten Nachweis der Schwefelcyansäure im Harn der Säugethiere.

Von

Dr. Richard Gscheidlen,

Assistent am physiologischen Institute zu Breslau.

Ich[1]) habe in früheren Mittheilungen nachzuweisen gesucht, dass eine Rhodanverbindung sich im Harn des Menschen, des Pferdes, des Rindes, des Hundes, des Kaninchens und der Katze findet. Diese Thatsache ist von Külz[2]) und in jüngster Zeit von Munk[3])

---

1) Gscheidlen. Ueber den Nachweis des Rhodans in thierischen Sekreten und das Vorkommen desselben im Harn. 52. Jahresber. der schles. Ges. für vaterl. Cultur für 1874 S. 207 1875. Derselbe: Ueber das constante Vorkommen einer Schwefelcyanverbindung im Harn der Säugethiere. Dieses Arch. Bd. 14. S. 401. 1877.

2) Külz. Ueber die schwefelhaltigen Körper des Harns. Sitzungsb. der Ges. zur Bef. der gesammt. Naturw. in Marburg. Jahrg. 1875. S. 76.

3) Munk. Ueber das Vorkommen von Sulfocyansäure im Harn und ihre quantitativen Verhältnisse. Virchow's Arch. Bd. 69. S. 354. 1877. Wenn Munk S. 358 sagt, ich hätte aus dem Verhalten des Harns gegen mit Ferrichlorid getränktes Papier allein auf die Anwesenheit von Rhodan im Harn geschlossen, so beruht dies, wie aus meinen Mittheilungen hervorgeht, auf einem Missverständniss.

bestätigt und des weiteren durch Beweise erhärtet worden. Herr Thudichum[1]) hingegen hält diesen Nachweis für nicht geführt. Nach ihm ist die Gegenwart von Schwefelcyansäure im Harn noch von Niemand bewiesen worden. Die Reaktionen, die ich für die Anwesenheit von Schwefelcyansäure geltend machte, kommen auch anderen im Harn vorhandenen Körpern zu. Den Beweis für das Vorhandensein der Schwefelcyansäure, den ich gestützt auf die Versuche Liebig's[2]) über Darstellung von Schwefelcyanblei und dessen Umwandlung durch Salpetersäure in Bleisulphat liefern wollte, hält Herr Thudichum für nicht erbracht, vielmehr glaubt er aus seinen Experimenten betreffend die Eigenschaften des Schwefelcyanbleis folgern zu können, dass meinem Versuche geradezu ein unmöglicher Process zu Grunde liege.

Ich habe mich nun der Mühe unterzogen, die Sache auf's neue zu prüfen und mich von der Richtigkeit meiner Angaben auf's neue überzeugt. Auf Grund dieser wiederholten Prüfungen stehe ich nun nicht an, zu behaupten, dass Herrn Thudichum's Ausstellungen und Einreden jeglicher Begründung entbehren. Den Beweis für diese Behauptung trete ich sofort in nachfolgenden Zeilen an. Wenn ich Herrn Thudichum überhaupt auf seine Auslassungen antworte, so thue ich dies nur, weil mein Schweigen von Seiten von Nichtfachgenossen missverstanden werden könnte.

Was das Vorkommen der Schwefelcyansäure im Harn des Menschen anbelangt, so gab ich l. c. S. 402 an: „Fällt man aus etwa 100 cbcm. Harn die Sulphate und Phosphate durch Barytwasser, dampft das Filtrat zur Syrupconsistenz ein, zieht mit Weingeist aus, verjagt den Alkohol, löst in Wasser, entfärbt mit wenig Thierkohle und setzt Ferrichlorid zu, so ist die entstehende Färbung intensiv roth."

Herr Thudichum bemerkt dazu l. c. S. 13, dass es auffallend ist, dass ich das Extrakt im „alkolischen" Zustande verwende. Da hier ein Druckfehler vorliegt, so ist entweder alkoholisch

---

1) Thudichum. Ueber Essigsäure, Ameisensäure und vermuthliche Schweflige Säure und Salpetrige Säure aus Menschenharn. Dieses Archiv, dieser Band S. 12—25. Derselbe: Wiederholung des Versuchs von Gscheidlen zur Darstellung von Schwefelcyanblei aus Menschenharn. Ibid. S. 52—56.

2) Liebig. Ueber einige Produkte, welche durch die Zersetzung mehrerer Salze mittelst Chlor erhalten werden. Poggendorff's Annal. Bd. 15. S. 546. 1829.

zu lesen, das wäre aber falsch, denn ich sage ja an citirter Stelle „verjagte den Alkohol, löste im Wasser etc." oder alkalisch zu setzen, allein dies wäre ebenfalls falsch, denn ich gebe ja an mehreren Stellen z. B. l. c. S. 409 an, dass ich vor dem Zusatze des Ferrichlorides mit Salzsäure angesäuert habe.

Diese Bemerkung des Herrn Thudichum ist also unrichtig.

Die rothe Färbung, welche in farblosen Flüssigkeiten nach Zusatz von Ferrichlorid auftritt, ist nur dann charakteristisch für die Gegenwart von Rhodan, wenn dieselbe beim Kochen nicht verschwindet oder sich ändert. Ich führte deshalb l. c. S. 404 an: „Die rothe Farbe änderte sich nicht weder beim Kochen noch nach Zusatz von Kochsalz, Kaliumchlorid oder Salmiak." Die rothe Färbung rührt also nicht von Essigsäure oder Ameisensäure her. Pettenkofer[1]), dem wir diese, genannte Säuren von einander unterscheidende Reactionen verdanken, spricht sich folgendermassen aus: „An der Eigenschaft, dass Flüssigkeiten, welche von essigsaurem Eisenoxyd roth gefärbt sind, durch Kochen mit Chloralkalimetallen vollständig entfärbt werden können, haben wir ein ausgezeichnetes Mittel, diese Röthung von der, welche durch Schwefelcyanwasserstoffsäure hervorgebracht wurde, augenfällig zu unterscheiden: eine Eisenoxydlösung nämlich, welche durch Schwefelcyanwasserstoff roth gefärbt wird, kann durch Kochen mit Chloralkalimetallen nicht im mindesten entfärbt werden.

Die Ameisensäure verhält sich zum Eisenoxyde ganz ähnlich, wie die Essigsäure, nur geht die Fällung des Eisens durch Kochen und besonders durch Kochen mit Chlornatrium, Chlorammonium etc. noch viel schneller und leichter von statten, als bei dem essigsauren Eisenoxyd."

Herr Thudichum sagt l. c. S. 13, es sei ihm nicht begreiflich, wie ich die Essigsäure im Harne übersehen konnte. Darauf erwiedere ich, dass ich im Gegentheil auf dieselbe Rücksicht genommen habe, indem ich anführte, dass dieselbe Herr Thudichum aufs neue wieder nachgewiesen haben will. Herr Thudichum hat vollständig Recht, wenn er meint, ich spreche davon, wie von einem unverbürgten Gerüchte. Ich halte nämlich auf Grund vielfacher Beobachtungen, von denen ich nur hier die von Liebig, Neubauer

---

1) Pettenkofer. Ueber den Schwefelcyangehalt des menschlichen Speichels. Buchner's Repert. für die Pharm. Bd. 91. S. 302. 1846.

und Salkowski anführen will, sowie durch die Versuche des Herrn Thudichum selbst für endgültig bewiesen, dass Essigsäure im frischen physiologischen Harn nicht vorkommt. Liebig[1]) konnte Essigsäure aus frischem Harn nicht erhalten, wohl aber aus faulem, und sagt, die Gegenwart der Essigsäure im faulen Harn erlaubt keinen Rückschluss auf ihr Vorkommen im frischen. Neubauer[2]) konnte bei der Destillation von mit Kalkmilch behandeltem eingedampftem Harn mit Phosphorsäure stets im Destillate Essigsäure nachweisen, sobald der Harn nicht frisch war; im frischen gelang dies nicht. Salkowski[3]) konnte sie gleichfalls nicht finden. Ich habe mich gleichfalls vor Jahren schon vergeblich bemüht, Essigsäure aus frischem Harn zu gewinnen. Herr Thudichum selbst aber sagt l. c. S. 20, dass die Essigsäure aus dem Harn bis jetzt nur durch Processe erhalten werden kann, welche offenbare Zersetzungen wie z. B. die des Urochroms[4]) hervorbringen.

Dass sich Essigsäure aus faulem Harn gewinnen lässt, ist eine alte Angabe, deren Richtigkeit bisher von Niemand noch bestritten wurde. Neubauer[5]) sagt z. B., dass sich Essigsäure aus jedem alten Harn in erheblicher Menge mit Leichtigkeit gewinnen lässt.

Die Anwesenheit der Essigsäure im frischen Harn wird doch nicht dadurch bewiesen, dass sich aus demselben bei der Behandlung mit Schwefelsäure in hoher Temperatur Essigsäure gewinnen lässt. Mit dem nämlichen Rechte könnte man ja die Präexistenz von Essigsäure in vielen organischen Körpern z. B. im Hühnereiweiss behaupten, weil aus demselben sich durch Destillation mit Mineralsäuren Essigsäure gewinnen lässt. Man braucht nur einmal, sagt Salkowski (l. c.), den Rückstand zu sehen, der nach einer Behandlung des Harns mit Mineralsäuren bleibt, um keinen

1) Liebig. Ueber die Constitution des Harns der Menschen und der fleischfressenden Thiere. Liebig's Annal. Bd. 50. S. 171. 1844.

2) Neubauer. Ueber die flüchtige Säure, die sich bei der Gährung des diabetischen Harns bildet. Liebig's Annal. Bd. 97. S. 136. 1856.

3) Salkowski. Beiträge zur Chemie des Harns. Dieses Archiv. Bd. 2. S. 366. 1869.

4) Urochrom nennt Herr Thudichum ein Harnpigment, das nach Behandeln des Harns mit Barytwasser, Fällen mit Bleizucker und Ammoniak, Binden an Mercuriacetat etc. erhalten wird. Wie Maly jedoch nachgewiesen, ist das Urochrom keineswegs ein reiner chemischer Körper. Maly. Umwandlung von Bilirubin in Harnfarbstoff. Liebig's Annal. Bd. 163. S. 90. 1872.

5) Neubauer und Vogel. Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse des Harns. S. 8. 1876.

Augenblick zu zweifeln, dass tiefgreifende Zersetzungen während der Destillation stattgefunden haben. Die Methode des Herrn Thudichum, Essigsäure aus frischem Harn zu gewinnen, ist daher für den Physiologen von nur untergeordnetem Werthe. Die Mengen der Acetate, die Herr Thudichum auf diese Weise aus frischem Harn gewonnen, ändern an der Sache nichts. Dieselben können nur bei Jemand Effekt machen, der nicht weiss, um was es sich hiebei handelt. Wenn Herr Thudichum l. c. S. 14 sagt, die von ihm gewonnenen Essigsäuremengen bildeten einen beinahe spasshaften Commentar zu meiner Aeusserung über die Nichtanwesenheit der Essigsäure im frischen Harn, so möchte ich darauf erwiedern, wenn hiebei etwas spasshaft ist, so ist es der Commentar, den Herr Thudichum selbst zu den von ihm als rein angegebenen Salzen liefert. Herr Thudichum berichtet nämlich l. c. S. 24, dass die Barytsalze besonders der unter 1) aufgeführte 53 g. wiegende Krystall einer Mischung von Baryumacetat und Formiat, die für salpetrige Säure diagnostisch erachtete Reaction mit Jodkalium, Schwefelsäure und Stärke gaben. Von den Bleisalzen sagt Herr Thudichum l. c. S. 23, dass bei der Behandlung mit Alkohol die unter 3) erwähnten 126 g. Acetat und Formiat ein flockiges Salz zurückliessen. „Dieses Salz trocken in Röhrchen erhitzt gab stinkendes Gas aus und hinterliess schwarzgraues Schwefelblei, das mit Salzsäure Hydrothion entwickelte." Dass man derartige Salzmassen nicht als rein anführen darf, sollte denn doch Herr Thudichum wissen.

Die Mengen der aus frischem und faulem Harn durch tief eingreifende Zersetzungsprocesse gewonnenen Acetate können daher als Beweis für die Präexistenz der Essigsäure im frischen Harn nicht verwerthet werden; ebenso unzutreffend ist es, mir den Vorwurf zu machen, ich hätte die Essigsäure im Harn übersehen. Was nicht vorhanden ist, kann eben nicht gesehen werden.

Die Reaction mit Ferrichlorid ist nach Herrn Thudichum nicht für Schwefelcyansäure charakteristisch, „denn, l. c. S. 55, sie ist auch eine Eigenthümlichkeit des Harnfarbstoffes und die dunkelrothe Farbe, welche Urochrom und Eisenchlorid mit einander bilden, wird durch Salzsäure nur etwas gemindert, aber nicht entfernt."

Was diese Einrede des Herrn Thudichum anbelangt, so ist sie von vornherein ohne Boden, da ich ja angebe, dass ich die Extrakte mit Thierkohle entfärbte.

Ein voller Beweis für die Richtigkeit der Deutung der Roth-

färbung durch Ferrichlorid ist der Umstand, dass die rothe Farbe in den Harnextrakten der Thiere ausblieb, bei denen die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen durchschnitten und der Speichel nach aussen geleitet war.

Die Einrede des Herrn Thudichum gegen die Deutung der Rothfärbung farbloser Harnextrakte durch Ferrichlorid ist also gegenstandslos.

Nun habe ich allerdings versucht, die im Harn ausgeschiedenen Schwefelcyansäuremengen annähernd zu bestimmen. Zu dem Ende dampfte ich 50 cbcm. Harn auf dem Wasserbade auf $^{1}/_{8}$ seines ursprünglichen Volumens ab, versetzte mit Kalkmilch, filtrirte, säuerte mit Salzsäure an und setzte einige Tropfen Ferrichlorid hinzu. Ich konnte auf diese Weise nur aus Menschen- und Kaninchenharn schwach gefärbte Extrakte erhalten und gab an, dass es mir aus Pferde-, Rinder- und Hundeharn nicht gelang, einigermassen schwach gefärbte Extrakte zu gewinnen. Ich gab nun l. c. S. 409 an, dass diese Methode selbstverständlich auf besondere Genauigkeit keinen Anspruch machen kann. Herr Thudichum konnte nicht beobachten, dass Harnextrakte überhaupt mit Kalkmilch entfärbt werden. Dagegen habe ich zu erwiedern, dass das Verfahren Extrakte thierischer Substanzen mit Kalkmilch zu entfärben, uralt ist und in der Technik ausgedehnte Anwendung findet. Das Entfärben des Harns mit Kalkmilch nahm auch Leared[1]) vor, dem ich gefolgt bin und dessen Beobachtungen ich nur bestätigen kann.

Diese Ausstellung des Herrn Thudichum ist also gleichfalls nicht zutreffend.

Schliesslich hatte ich versucht aus Menschenharn Schwefelcyanblei darzustellen und auch erhalten. Allein Herr Thudichum sagt, dass dieser Versuch auf einem unmöglichen Process beruht, wie seine Experimente über das Schwefelcyanblei ihm ergeben hätten. l. c. S. 52. Dass diese Meinung den Thatsachen keine Rechnung trägt, ergibt sich wie ich glaube am Besten, wenn ich Liebig's Angaben über Darstellung und Eigenschaften des Schwefelcyanbleis folgen lasse. Liebig sagt:[2])

---

1) Leared. On the presence of sulphocyanides in the blood and urine. Proced. of the roy. society of London. Vol. 16. p. 18. 1870.

2) Liebig. Ueber einige Produkte, welche durch die Zersetzung mehrerer Salze vermittelst Chlor erhalten werden. Poggendorff's Annal. Bd. 15. S. 546. 1829.

„Vermischt man eine Auflösung von Bleizucker mit Schwefelcyankalium, so entsteht kein Niederschlag; nach einiger Zeit, und besonders schnell nach starkem Schütteln, bilden sich aber in der Flüssigkeit eine Menge gelber glänzender Krystalle, die beständig an Grösse zunehmen. Sie sind in kaltem Wasser kaum auflöslich, verlieren aber durch starkes Auswaschen ihren Glanz; nach dem Kochen mit Wasser reagirt die Flüssigkeit sauer, und es bleibt ein gelbes Pulver zurück, welches im Wasser ganz unauflöslich ist.

Ich habe diese gelben Krystalle anfänglich für ein basisches Salz gehalten, und da dergleichen Schwefelcyanverbindungen noch nicht bekannt sind, so habe ich es einer Untersuchung werth gehalten.

Durch Glühen in einer Glasröhre bläht sich dieses Salz heftig auf, es sublimirt Schwefel, und es entweicht Schwefelkohlenstoff; es bleibt poröses vollkommen metallisch glänzendes Schwefelblei zurück. Mit Salpetersäure übergossen und gelinde erwärmt, zersetzt es sich plötzlich mit grosser Heftigkeit, es verwandelt sich in krystallinisches schwefelsaures Bleioxyd, ohne dass dabei Schwefel ausgeschieden wird; vermischt man aber die von dem schwefelsauern Bleioxyd abfiltrirte Flüssigkeit mit Blei- oder Barytsalzen, so entstehen starke Niederschläge.

1·105 dieses gelben Salzes lieferten auf die angegebene Weise mit Salpetersäure zersetzt 1·03 schwefelsaures Bleioxyd. Berechnet man darnach seine Zusammensetzung, so erhält man in 100 Theilen:

	nach dem Versuch	nach der Rechnung
Schwefelcyan .	36·19	35·87
Blei	63·81	64·13
	100·00	100·00

Es unterliegt mithin keinem Zweifel, dass es Schwefelcyanblei ist."

Auf diese Angaben Liebig's gestützt ist es mir gelungen, aus 14 Ltr. Menschenharn 0·1381 g. Schwefelcyanblei zu gewinnen, welche mit Salpetersäure erhitzt einen Niederschlag gaben, der 0·1221 g. wog. Ich nahm keinen Anstand denselben für Bleisulphat zu halten. Daraus berechnet sich die Menge des Schwefelcyanbleis zu 0·1373. Aus dem Vergleich nun der Berechnung und dem thatsächlichen Befunde schloss ich, dass mein Präparat von grosser Reinheit war. Damit bin ich der direkten Aufforderung des Herrn Thudichum nachgekommen, indem ich weitläufig angegeben, wie ich zu dem Präparate gekommen bin.

Der Leser aber wird nunmehr in der Lage sein zu beurtheilen, was an der Ausstellung des Herrn Thudichum wahres ist, dass meiner

Darstellung des Schwefelcyanbleis ein unmöglicher Process zu Grunde liege und mit mir übereinstimmen, dass der Einwand des Herrn Thudichum vollständig unbegründet ist.

Ja aber, Herr Thudichum gibt doch an, dass seine Behauptung sich auf Experimente stützt. Betrachten wir darum dieselben. Herr Thudichum will gefunden haben, dass das von ihm dargestellte krystallisirte Schwefelcyanblei von kochendem Wasser nicht nur nicht verändert, nicht in ein unlösliches unbekanntes gelbes Salz und eine saure unbekannte Lösung verwandelt, sondern ganz einfach aufgelöst und nach dem Filtriren wieder schön krystallisirt und weiss abgesetzt wurde. l. c. S. 23.

Die Angabe Liebig's, die seit 1829 unbestritten dasteht und allgemein bestätigt wurde z. B. von Völckel[1]), Rammelsberg[2]), die sich in allen Handbüchern findet z. B. in Fehlings Handwörterbuch der Chemie[3]), die als richtig erkannt auch in Werke des Auslandes übergegangen ist z. B. in das Handwörterbuch von Würtz[4]), wird damit von Herrn Thudichum für unrichtig erklärt. Man mache, wenn man sich über die Angelegenheit orientiren will, einfach die Versuche Liebig's nach und man wird sich überzeugen, dass wenn Liebig je Recht hatte, diesmal seine Angabe richtig ist. Warum muss denn Herr Thudichum, wenn er Schwecyanblei mit Wasser kocht, filtriren? Ist das Schwefelcyanblei einfach gelöst, dann ist doch das Filtriren unnöthig. Es ist unbegreiflich, wie Herr Thudichum dies übersehen konnte. Doch erinnern wir uns, Herr Thudichum sagt, l. c. S. 53, er hält sein Gemüth stets für die Beobachtung frei.

Von der Vorstellung nun der Unrichtigkeit der Liebig'schen Angaben ausgehend, wiederholt Herr Thudichum den von mir ange-

---

1) Völckel spricht z. B. von »Wasser, in welchem sich Schwefelcyanblei aufgeschlemmt befindet«. Untersuchungen über die Zersetzungsprodukte der Schwefelblausäure und Ueberschwefelblausäure. Poggendorffs Annal. Bd. 58. S. 140. 1843.

2) Rammelsberg sagt von seinem Schwefelcyanblei, dass er es »durch Fällung concentrirter Auflösungen von Schwefelcyankalium und essigsaurem Bleioxyd bereitet« habe. Nachschrift zu: Meitzendorf. Ueber die Schwefelcyanmetalle. Poggendorffs Annal. Bd. 56. S. 94. 1842.

3) Fehling. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Bd. II. 2. Abth. S. 77. 1859.

4) Würtz. Dictionnaire de chimie pure et appliquée. Vol. III. p. 105. 1876.

gebenen Versuch der Darstellung von Schwefelcyanblei aus Menschenharn. Zu dem Ende versetzt er Harnextrakte, die aus 17¼ Liter normalen Harns stammen, mit der nöthigen Menge Bleizucker, filtrirt und findet, dass im Filtrate nach und nach viele Gramme von Kasseler Gelb sich ausscheiden. Dies gibt uns eine Andeutung, was Herr Thudichum unter der nöthigen Menge Bleizucker versteht. Nun behandelt er die Abkochung von diesem Niederschlage mit Kaliumcarbonat, allein es lässt sich kein Schwefelcyan nachweisen; er destillirt die ganze Flüssigkeit mit Phosphorsäure auf die Hälfte ab, kein Schwefelcyan zeigt sich im Destillat; er wäscht den mit Bleizucker hervorgebrachten Hauptniederschlag mit nicht weniger als drei Liter Wasser aus, verdampft das Filtrat; aber auch hier ohne Erfolg; nun giebt er an den vierten Theil des Hauptextraktes, welcher das Kasseler Gelb geliefert hatte, mit einem Ueberschuss von Phosphorsäure destillirt allein in keinem Theil des in drei Portionen aufgegangenen Destillates eine Spur von Schwefelcyansäure gefunden zu kaben. So wie Herr Thudichum berichtet, kann der Versuch nicht angestellt worden sein; denn es ist unmöglich, den vierten Theil des Hauptextraktes für sich gesondert zu destilliren, nachdem die ganze Flüssigkeit schon vorher auf die Hälfte destillirt wurde.

Mit diesem einen Versuch lässt es ein Mann wie Herr Thudichum nicht bewenden. Ob Schwefelcyanwasserstoffsäure im Harn vorkommt oder nicht, wird sich beweisen lassen, sagt er l. c. S. 13. Darum führt er folgendes Experiment aus. Er versetzt l. c. S. 54 35 Liter Harn mit Bleiacetat und zwar „120 cbcm. gesättigter Lösung von neutralem essigsaurem Blei auf jeden Liter Harn"; d. i. da 1 Thl. Bleiacetat sich in 1½ Thl. Wasser bei gewöhnlicher Temperatur löst[1]) für 35 Liter Harn mehr als 2·3 Kilo festes Bleiacetat. Das Filtrat hievon wurde mit basisch essigsaurem Blei versetzt und zwar „½ Liter gesättigte Lösung auf jedes Liter Filtrat", d. i. da 1 Liter Harn mit 120 cbcm. Bleilösung versetzt ungefähr 1060 cbcm. Filtrat geben und eine Bleiessiglösung nach Liebig's Vorschrift[2]) bereitet, im Liter wenigstens 400 g. Bleisalz ent-

1) Fehling. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie Bd. II. 2. Abth. S. 90. 1859.

2) Fehling. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie Bd. II. 2. Abth. S. 55. 1859.

hält, mehr als 7·4 Kilo und mit Hinzurechnung der zuerst zugesetzten Bleimenge 9·7 Kilo festes Bleisalz für 35 Liter Harn.

Damit nicht genug. Herr Thudichum versetzt das Filtrat mit noch mehr Bleilösung. Er sagt l. c. S. 54: »Das Filtrat wurde nun mit etwas mehr Bleilösung versetzt.« Man traut seinen Augen kaum. Nehmen wir nur die nämliche Menge an, die bereits schon zugesetzt ist, so kommen auf 35 Liter mehr als 19 Kilo festes Bleisalz. In dem eingedickten Filtrate, bemerkt Herr Thudichum naiv, liess sich keine Schwefelcyansäure nachweisen.

Wen in aller Welt möchte dies Wunder nehmen? Auch sachkundige Hand vermöchte in dem Filtrate von solchen Bleimengen keine Schwefelcyansäure zu finden. Wir sagen »sachkundig«, denn Herr Thudichum gibt l. c. S. 54 an, dass er bei seinen Destillationsversuchen mit Phosphorsäure niemals schwefelige Säure erhalten habe. Nun ist es aber allgemein bekannt, dass schwefelige Säure bei der Destillation von Schwefelcyansäure mit Phosphorsäure niemals als Zersetzungsprodukt auftritt. Schwefelige Säure wird, wie Völckel[1]) nachgewiesen, nur dann als Zersetzungsprodukt der Schwefelcyansäure erhalten, wenn dieselbe mit concentrirter Schwefelsäure destillirt wird und auch hier nur unter ganz bestimmten Umständen. Herr Thudichum aber destillirte stets mit Phosphorsäure, wo sich keine schwefelige Säure bildet. Das sollte aber doch Herr Thudichum wissen.

Meine Angaben der Darstellung von Schwefelcyanblei aus Menschenharn finden durch die Befunde von Munk ihre volle Bestätigung.

Ich gab an, l. c. S. 405, dass man nach dem Versetzen des Alkoholextraktes mit Bleizucker rasch filtriren muss, damit es nicht zur Bildung einer erheblichen Menge von Schwefelcyanblei komme. Ich that dies, weil mich Vorversuche belehrt hatten, dass das Filtrat um so ärmer an Schwefelcyanblei wird, je mehr Zeit zwischen dem Versetzen der Flüssigkeit mit Bleizucker und dem Filtriren verstreicht. Dem entsprechend fand Munk[2]) bei den Versuchen, in denen er die Schwefelcyansäure an Blei band, die Ausbeute verschieden. Zersetzte er nämlich den durch Bleizucker erhaltenen Nie-

---

1) Völckel. Untersuchungen über die Zersetzungsprodukte der Schwefelblausäure. Liebig's Annal. Bd. 43 S. 83. 1842.

2) Munk, Ueber das Vorkommen von Sulfocyansäure im Harn und ihre quantitativen Verhältnisse. Virchow's Arch. Bd. 69. S. 356. 1877.

derschlag mit Schwefelsäure, filtrirte und destillirte das Filtrat mit Salzsäure, so erhielt er im Destillate nach geeigneter Behandlung mit Ferricyankalium und Salzsäure bald nur eine blaue Färbung, bald einen Niederschlag von Berlinerblau. Wegen dieser Verschiedenheit in der Ausbeute empfiehlt Munk statt mit Blei mit Silber zu fällen. Die Schwefelcyansäure wird durch Silbernitrat vollständig gefällt; man braucht also weniger Harn in Angriff zu nehmen, um bei der Destillation des Niederschlages Blausäure nachweisen zu können. Während bei der Silberfällung nur 200 cbcm. Harn nöthig sind, um nach Zerlegung des Niederschlages mit Schwefelwasserstoff und der Destillation des Filtrates Blausäure im Destillate zu erhalten, ist bei der Fällung mit Blei nach Munk mindestens ein Liter in Angriff zu nehmen, um eine ähnliche Reaktion zu bekommen. Verfährt man aber in der Weise, dass man den Harn nach dem Versetzen mit Bleizucker etwa 12 Stunden stehen läst, filtrirt dann und zerlegt den Niederschlag durch Kochen mit Natriumcarbonat, so genügen ebenfalls 200 cbcm. Harn, um im eingedampften Filtrate mit Ferrichlorid Rothfärbung oder bei der Destillation mit einer Mineralsäure Blausäure im Destillate zu erhalten.

Zum Schlusse gibt Herr Thudichum noch eine Hypothese über die chemische Rolle, welche der im Speichel verhandenen Schwefelcyansäure im Organismus zufällt, l. c. S. 56, zum Besten. Nach derselben ist es wahrscheinlich, dass Schwefelcyansäure chemischen Zwecken des Körpers dient und darin entweder verbunden oder verändert oder gar durch vollständige Oxydation zerstört werde. Diese Hypothese verliert ihre Bedeutung durch die Thatsache, dass Schwefelcyansalze innerlich genommen im Laufe weniger Minuten im Harn erscheinen.

Der Zweck dieser zur Abwehr geschriebenen Zeilen war, zu beweisen, dass Herrn Thudichums Ausstellungen und Einreden über das Vorkommen von Schwefelcyansäure und deren Nachweis im Harn der Säugethiere jeglicher Begründung entbehren.

Fig. 3.

C. Stn

Fig. 2.

Reizung

Reizung

Fig. 5. (V. 8.)

C. Stn

C. Stn

Fig. 6. (V. 9.)

M. Rz.

Fig. 8. (V. 13.)

Fig. 14. (V. 20.)

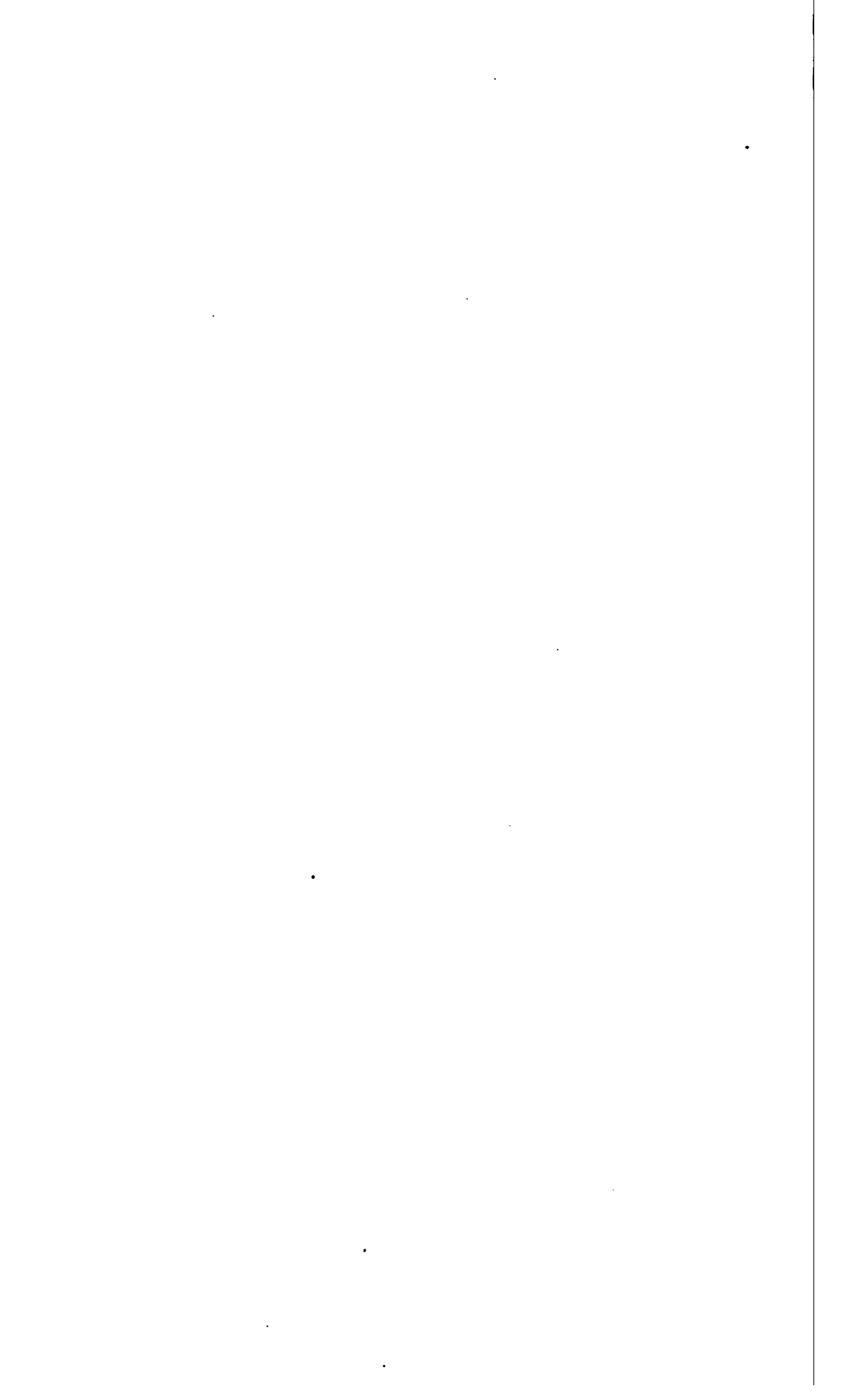
tet

Erw

Reizung

Fig. 10. (V. 16.)

Erwärmung





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

ACHTES UND NEUNTES HEFT.

MIT 1 TAFEL.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN
(FR. COHEN).

Ausgegeben den 31. August 1877.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter

erhalten pro Druckbogen 30 M. Honorar

und 40 Separatabdrücke gratis.

Die Physiologie und ihre Zukunft.

Von

E. Pflüger.

In dem Vorwort zum ersten Hefte seiner neuen „Zeitschrift für physiologische Chemie“ hat F. Hoppe-Seyler es unternommen, der Physiologie der Zukunft bestimmte Wege anzuweisen und Gesichtspunkte zu vertheidigen, welche für alle Physiologen der Gegenstand des lebhaftesten Interesses sein müssen und von uns nicht mit Stillschweigen übergangen werden können.

F. Hoppe-Seyler ist der Ansicht, dass heute fast Niemand mehr unter uns Physiologen existirt, der die hinreichende naturwissenschaftliche Vorbildung besitze, um in jedem Theil seines Faches „zuverlässige“ Untersuchungen anstellen zu können. Deshalb müsse die Eine physiologische Professur in mehre gespalten werden und zwar in Biophysik und Biochemie. F. Hoppe-Seyler sagt nämlich:

„Von jedem Vertreter einer Wissenschaft an einer Universität verlangt man wohl mit Recht, dass er im Bereiche seiner Wissenschaft nicht allein die Kenntnisse besitze, schulmässig den Studirenden Unterricht zu ertheilen, sondern auch die Mittel und Wege kenne, um eigene zuverlässige (!) Untersuchungen auszu-

---

1) Zeitschrift für physiologische Chemie. Bd. I, Heft 1 u. 2. Vorrede II.

führen. Welcher Physiologe (!) möchte nun wohl sich rühmen können, so vollkommen Kenner der Anatomie, Physik und Chemie zu sein, um nach allen den zum grossen Theil von Grund aus verschiedenen Methoden dieser Naturwissenschaften auf dem Gebiete der Physiologie mit Erfolg vordringen zu können! Die Wissenschaften sind darin doch gewiss von Kunst und Handwerk nicht verschieden, dass nur derjenige in ihnen etwas Bedeutendes zu leisten vermag, der den zu bearbeitenden Stoff und sein Handwerkszeug genau kennt und anzuwenden weiss. Bei der Ausbildung, welche die Naturwissenschaften in unserer Zeit erreicht haben, wird es nur höchst selten einem ganz besonders begabten Manne gelingen, in den anatomischen, physikalischen und chemischen Methoden der Forschung und den entsprechend verschiedenen Anschauungen zugleich genügend bewandert zu sein, um ergiebige und zuverlässige (!!) Untersuchungen nach jeder Richtung auszuführen. Eine Trennung ist hier nothwendig und zwar eine Trennung entsprechend den Naturwissenschaften, deren Methoden zur Förderung der Kenntniss der Organismen und ihres Lebens Verwendung finden."

In der That sind diese Ansichten Hoppe-Seyler's weder thatsächlich noch principiell begründet, wie ich sogleich erweisen will.

Die Aufgabe der Physiologie ist der Lebensprocess. Dieser soll aus elementaren Ursachen abgeleitet werden. Gleichwohl wissen wir, dass schon in Einem grossen Organe: dem centralen Nervensysteme — Vorgänge auftreten — ich meine die psychischen, von denen man vor der Hand nicht erweislich machen kann, dass sie physiko-chemische Processe der Materie seien. Zweifellos ist es gleichzeitig willkürlich, die Annahme zu machen, dass der psychische Process kein physiologischer Vorgang sei. Wenn wir also auch als unser ideales Ziel den Nachweis suchen, dass alle Vorgänge in den lebenden Organen der Thiere und Pflanzen das Resultat physiko-chemischer Processe darstellen, so dürfen wir als wirkliche Naturforscher, denen die Wahrheit über Allem steht, nicht vergessen, dass wir für unseren Standpunkt den Beweis erst noch zu erbringen haben. Denn Dogmen anhangen, die obwohl unbewiesen als sicher vorausgesetzt werden, ist weder wissenschaftlich noch philosophisch. Die Physiologie steht deshalb als die Wissenschaft von der lebendigen Materie autochthon neben Physik und

Chemie. Wie kein Gebilde der Natur schliesst in sich allein der Mensch die Räthsel des ganzen Weltalls ein.

Die Eintheilung der Physiologie in physiologische Physik und Chemie ist also philosophisch unzulässig und praktisch unausführbar.

Gesetzt es seien alle physiologischen Vorgänge, mit Einschluss der psychischen, die Resultirende physikalischer und chemischer Kräfte, so ist eine Erklärung unmöglich ohne gleichzeitige Berücksichtigung der beiden Arten von Componenten, deren Werk sie sind. So innig verschlingen sich physikalische und chemische Wirkungen bei der Arbeit der Organe, dass wer diesen Knoten entwirren will, bald auf das eine, bald auf das andere Princip, bald auf beide zugleich als thätige Ursachen stösst.

Ist nun in der That eine gute physikalische Vorbildung unvereinbar mit der Fähigkeit, eine zuverlässige chemische Arbeit auszuführen? Unzweifelhaft berühren sich Physik und Chemie so vielfach, ja durchdringen einander und werden es von Tag zu Tag mehr und mehr thun, bis die Chemie ganz in die Molecularphysik aufgenommen ist. Vielleicht ist die Zeit nicht mehr so fern, wo die Bedingungen für den stationären Zustand von Atomsystemen der analytischen Mechanik unterworfen werden, die dazu bestimmt ist, den Tag eines wahren Verständnisses der chemischen Metamorphosen heraufzuführen. Dann ist unsere Controverse entschieden: die Chemiker werden mathematisch geschulte Physiker sein müssen.

Dieser Forderung ist auch zu genügen, wenn man nur den Geist nicht mit einer zu grossen Masse von Details beschwert, welche für die Erweiterung der philosophischen Uebersicht von geringer oder keiner Bedeutung sind; aber um so gründlicher müssen die mathematischen und allgemeinen naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden den Naturforschern bekannt sein. Die grossen principiellen Gesichtspunkte werden in der Zukunft uns als Compass führen, wenn wir in den Einzelheiten nicht ersticken sollen. Ist es denn nicht schon heute ähnlich? Kein Chemiker existirt, der aus eigener Erfahrung die Eigenschaften aller verschiedenen Verbindungen kennen gelernt hat; jeder Chemiker muss also schon heute, wenn er einer neuen Gruppe seine Forschungen zuwendet, zunächst sich orientiren und „Lehrgeld zahlen“.

Bei der ungeheuren Ausdehnung der Physiologie und ihrer Beziehung zu allen Naturwissenschaften, der Philosophie und Mathematik gilt das Erörterte in erweitertem Umfange. Dass aber auch hier die Forderung der Vertretung der gesammten Physiologie durch Einen Mann, nicht in das Reich des Unmöglichen gehört, folgt aus der Thatsache, dass eine nicht ganz geringe Zahl solider Physiologen existirt, die nicht bloss in der physikalischen und chemischen, sondern auch anatomischen Richtung „zuverlässige" Forschungen zu Tage gefördert haben. Dass Diess in nicht noch erfolgreicherer Weise geschehen ist, hat unzweifelhaft den wesentlichsten Grund in der grossen Mangelhaftigkeit unserer Gymnasial- und auch Universitätserziehung, die einer eingreifenden Reform dringend bedürftig sind.

Je weiter die Einsicht eines Forschers in das physikalische und chemische Getriebe der lebendigen Organismen reicht, je weniger er vernachlässigt hat, sich gleichzeitig eine gründliche anatomisch-morphologische Bildung zu verschaffen, um so tiefer wird sein physiologisches Verständniss sein. Es ist also nicht dahin zu streben, dass die Männer, welche sich diess grosse Ziel gesteckt haben, aussterben, sondern dass sie es vollkommener in der Zukunft erreichen, als es der gegenwärtigen Generation möglich war. Die Natur und ihre Thaten sind unendlich; aber die allgemeinen Gesetze werden mit dem Vorschreiten der Wissenschaften immer einfacher werden und indem wir uns auf diese stützen, wollen wir der immer weiter gehenden Zersplitterung der Einzelfächer uns entgegenstemmen, da ja die Einzelheit nur in der Allgemeinheit ihren wahren Werth erlangt.

Dieses Archiv wird also fortfahren, die gesammte Physiologie, also auch die physiologische Chemie zu vertreten. Uns ist das Ziel das Wesentliche, und diess ist ein physiologisches; unwesentlich ist uns der Weg, auf dem das Ziel erreicht worden ist, Hoppe-Seyler sagt im Gegensatz hierzu (l. c. II):

„Aus den verschiedenen Zeitschriften der Chemie, Physiologie, praktischen Medicin, Hygiene und Landwirthschaft müssen die Arbeiten mühsam zusammen gesucht werden, die der physiologische Chemiker kennen muss, um auf seinem Gebiete weiter zu arbeiten, und ist eine Arbeit zur Publication fertig ausgeführt, so tritt an den Autor die oft schwer zu entscheidende Frage, wohin er sie senden soll, damit sie zunächst den Fachgenossen allgemein

bekannt wird und nicht einen Platz erhält zwischen mikroskopischen, physikalischen oder gar (!!) speculativen Abhandlungen."

Uns sind alle Abhandlungen angenehm, die das Verständniss physiologischer Processe fördern, mag dazu ein physikalisches oder chemisches Instrument gebraucht worden sein. Selbst „speculative" Abhandlungen, die Hoppe-Seyler verpönt, sind nicht ausgeschlossen und dürften unter Umständen ebenbürtig neben denen von Hoppe-Seyler stehen. Ist z. B. denn die Theorie der Valenz der chemischen Elemente oder die des sechswerthigen Benzolringes auf anderem Wege als dem der Speculation gefunden und, obwohl nicht bewiesen, dennoch publicirt worden zum Heile der Wissenschaft? — Sapienti sat est.

Alle diejenigen meiner Fachgenossen aber, welche mit mir Eines Sinnes sind, möchte ich schliesslich bitten, die uns drohende Gefahr nicht zu unterschätzen und die Hände nicht in den Schooss zu legen, sondern kräftig mit einzutreten gegen die zersetzenden Kräfte, welche die Eine grosse herrliche Wissenschaft der Physiologie bedrohen.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Bestimmung der Kohlensäure der lebendigen Knochen.

Von

E. Pflüger.

Eine der empfindlichsten Lücken in der Lehre der Respiration ist unsere Unkenntniss der Kohlensäure der Gewebe. Derjenige Ort, wo möglicherweise grosse Mengen locker gebundener Kohlensäure vermuthet werden konnten, ist das Knochengewebe, welches vermöge seines Gehaltes an Carbonaten und Phosphaten bindend wirken würde.

Ich habe deshalb zunächst die Kohlensäure möglichst unveränderter, frisch aus dem Körper eines soeben durch Verblutung getödteten Thieres entnommener Knochen unter Beihülfe von Phosphorsäure mit meiner Quecksilberpumpe evacuirt und sie mit den Resultaten der besten Aschenanalysen der Knochen verglichen. Meine Analysen beziehen sich also streng genommen nicht auf reines Knochengewebe, sondern auf das ganze Organ mit Einschluss seines Gefässsystemes, seines Blutes, seiner Lymphe, Nerven und Mark. Gleichwohl werden die Resultate sehr nahe mit denen übereinstimmen, die man erhalten würde, wenn man isolirtes Knochengewebe mit dem Gasgehalte sich verschaffen könnte, wie er während des Lebens in ihm enthalten ist.

Versuch I.

Von zwei Fröschen (R. escul.) werden je zwei ossa femoris in Glasröhrchen gebracht; diese letzteren wurden, nachdem sie mit destillirtem Wasser zum grössten Theile gefüllt worden waren, an dem einen offenen Ende vor der Glasbläserlampe in einen leicht zerbrechlichen Faden ausgezogen und hier zugeschmolzen; darauf sofort mit Phosphorsäure in den Recipienten der Pumpe gebracht. Ich stellte nun ein vollkommenes Vacuum her. Dann zerbrach ich

das Glasröhrchen im Vacuum dadurch, dass ich den Recipienten schüttelte. Von jetzt ab erst konnten die Gase aus dem Knochen in das Vacuum gelangen, wobei die Phosphorsäure das Entweichen sämmtlicher Kohlensäure bewirkte. Fortgesetzt wurde das Auspumpen, bis jede Spur von Gasentwicklung aufgehört hatte. Die Bestimmung der Kohlensäure geschah nach bekannten gasometrischen Methoden.

Um zu wissen, wie viel die beiden ossa femoris wögen, ermittelte ich das Gewicht der beiden anderen ossa femoris derselben beiden Frösche. Es betrug 0,6 Gr. — Die Asche derselben wog 0,159 Gr. — So ergab sich:

100 Gr. Knochenasche vom Femur des Frosches liefern 5,7 Gr. Kohlensäure.

Um zu finden, wie viel die Kohlensäure der Knochen auf das Gesammtgewicht des Thieres ausmacht, nahm ich einen grossen Frosch von 73,9 Gr. Gewicht. Es war ein Weibchen, dessen Eierstock 12,4 Gr. wog. Ich skelettirte alle Knochen auf das Sorgfältigste; sie wogen 4,190 Gr., welche 1,494 Gr. Asche lieferten. Die Rana esculenta enthält also auf 100 Gr. Körpergewicht:

5,67 % feuchte Knochen
(incl. Knochenmark;
excl. Gehirn u. Rückenmark u. Bändern)

entsprechend

2,02 % Knochenasche

entsprechend

58,5 Vol. proc. Kohlensäure (bez. auf 0° C. u. $0^m,76$ Hg.).

Ein Frosch könnte also, wenn die gesammte Kohlensäure seiner Knochen ausgeathmet würde, hierdurch ungefähr $^1/_2$ seines Körpervolums liefern.

Versuch II.

Kleiner alter Hund durch Durchschneidung des Halses und Verblutung rasch getödtet. Tibia schnell rein präparirt und der Knochen, soweit er nahezu cylindrisch ist, zum Versuch verwandt, d. h. in ein vorher gewogenes Glasrohr mit Wasser eingeschmolzen.

Glas	=	6,860 Gr.
Wasser	=	9,550 Gr.
Glas + Wasser	=	16,410 Gr.

Glas + Wasser + Knochen = 21,665 Gr.
Glas + Wasser . . . . = 16,410 Gr.
Knochen . . . . . . = 5,255 Gr.

Im Uebrigen wird dann verfahren genau wie bei den Froschknochen. Die Auspumpung beginnt 1/21 Uhr und dauert bis 8 Uhr Abends. Es werden erhalten:

73,708 Cc. Kohlensäure.

Die andere Tibia desselben Hundes wurde zur Aschenbestimmung benutzt. Sie wog 5,304 Gr. feucht und lieferte 2,505 Gr. Asche.

Hieraus folgt, dass die ausgepumpte Tibia entsprach:

2,482 Gr. Knochenasche.

Wenn nun 2,482 Gr. Knochenasche lieferten:

73,708 Cc. = 0,1449 Gr. Kohlensäure,

so enthält also die Asche des Hundeknochens

5,84 % Kohlensäure.

Das ist dieselbe Zahl, welche ich auch für den Froschknochen fand.

Da nun diese Zahlen sehr nahe mit denen **Zalesky's** übereinstimmen, der die Asche analysirte, während ich den frischen Knochen auspumpte, so folgt, dass die Mengen locker gebundener Kohlensäure, welche ein lebendiger Knochen enthält, jedenfalls sehr gering sind und gegen die festgebundene bei Stoffwechseluntersuchungen vernachlässigt werden können.

Ich gebe indessen zu, dass die Zahlen Zalesky's einer Revision bedürftig sind.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Ist Harnsäure ein Nahrungsmittel?

Von

Dr. **Ernst Oertmann.**

Dem Liebig'schen Fleischextrakt hat man oft wegen seines Gehaltes an Extraktivstoffen (Kreatin, Kreatinin u. s. w.) einen hohen Nährwerth zugeschrieben. Liebig selbst sprach zu wiederholten Malen die Vermuthung aus, dass die in Wasser löslichen Stickstoffverbindungen des Fleisches für die Erhaltung des lebendigen Organismus von grosser Bedeutung seien, und dass durch Zufügung von Extraktivstoffen die vegetabilische Nahrung einen höhern Nährwerth erlange. Mit diesen Ansichten Liebig's sind die von verschiedenen Forschern angestellten experimentellen Untersuchungen nicht in Einklang zu bringen. Kemmerich[1]) fütterte einen Hund mit Fleischextrakt und sah ihn eher sterben als einen hungernden. Beim Hunde, das beweist Kemmerich's Fütterungsversuch, kann das Fleischextrakt die Eiweissnahrung nicht ersetzen. Aus den von Bischoff[2]) angestellten Fütterungsversuchen darf derselbe Schluss gezogen werden. Bischoff fütterte einen Hund 60 Tage lang täglich mit 800 gr. Brod. Diese Nahrung war nicht ganz ausreichend zur Herstellung des Stickstoffgleichgewichtes, denn es fand während der Fütterungszeit eine die Einnahme übertreffende Stickstoffabgabe, sowie eine Abnahme des Körpergewichtes Statt. Trotzdem nun der Hund von 20. bis 40. Tage obiger Versuchsreihe täglich noch 20 gr. Fleischextrakt als Zusatz zur Brodnahrung erhielt, wurde doch kein Gleichgewichtszustand hergestellt, es war vielmehr die Stickstoffmehrausscheidung grösser, als nach Fortfall des Extraktzusatzes. Da das Futter von 800 gr. fast zur Herstellung des Stickstoffgleichgewichtes genügte, ein täglicher Zusatz

---

1) Kemmerich, Pflüger's Archiv II.

2) Bischoff, Biologie V, Seite 454.

von 100 gr. Fleisch sogar eine Zunahme des Körpergewichts und einen Fleischansatz im Körper bewirkte, so hätte der tägliche Zusatz von 20 gr. Fleischextrakt, wenn letzteres das Eiweiss ersetzen könnte, den Stickstoffverlust des Körpers ganz aufheben oder wenigstens auf ein Minimum herabsetzen müssen. Das Ausbleiben dieses Effektes spricht dafür, dass Fleischextrakt beim Fleischfresser nicht den Werth des Eiweisses besitzt. Ueber das Verhalten von Kreatin und Kreatinin, also der wichtigsten Extraktivstoffe des Fleischextraktes, hat Voit[1]) eingehende Untersuchungen angestellt und gefunden, dass beim Hunde das der Nahrung zugesetzte Kreatin alles wieder im Harn erscheint, dass es mithin unverändert den Organismus passirt. Es geben uns die erwähnten Versuche in keiner Weise einen Anhaltspunkt für die Annahme eines hohen Nährwerthes des Fleischextraktes, sie liefern im Gegentheil den Beweis, dass die Extraktivstoffe dem Eiweiss nicht äquivalent sind, denn sie vermögen weder bei Entziehung aller andern Nahrung das Leben zu verlängern, noch auch bei ungenügender Ernährung die Stelle des Eiweisses zu vertreten, sondern sie werden unverändert aus dem Körper wieder ausgeschieden. Wiewohl die erwähnten Versuche nur an Hunden angestellt waren, so liess sich doch erwarten, dass das Verhalten der Extraktivstoffe bei allen Säugethieren, auch den Pflanzenfressern, dasselbe sein würde. Grosses Aufsehen musste desshalb eine Arbeit von Rudzki[2]) erregen, durch die er bewiesen zu haben glaubt, dass Kaninchen von eiweissfreier Nahrung leben können, sobald dieser Fleischextrakt oder Harnsäure zugesetzt wird.

Rudzki stellte seine Versuche folgendermaassen an: Er fütterte 5 Kaninchen und zwar erhielten 2 derselben (I und II) als Nahrung eine Mischung von 80 % Stärke, 15 % Liebig's Fleischextrakt und 5 % Hanf- oder Olivenöl. Zwei andere Thiere (III und IV) wurden gefüttert mit 85 % Stärke, 5 % Oel, 2 % Asche (abwechselnd Weizen oder Blutasche) und 8 % Harnsäure. Kaninchen V erhielt stickstofffreie Nahrung, bestehend aus 93 % Stärke, 5 % Oel und 2 % Asche. Jede Mischung wurde im Mörser mit wenig Wasser zusammengerieben und den Thieren davon gegeben, soviel sie verlangten; ebenfalls stand ihnen Wasser nach Belieben

---

1) Voit, Ueber das Verhalten des Kreatins u. s. w., Biol. IV.

2) Rudzki, Petersburger medicinische Wochenschrift 1876 Nr. 29.

zur Verfügung. Das Futter war als eiweissfrei befunden worden. Keines der 5 Kaninchen erhielt während der Fütterung eine eiweissartige Substanz zur Nahrung. Das Futter von Kaninchen V war frei von stickstoffhaltigen Körpern, Thier I und II genossen Stickstoff in Gestalt der Extraktivstoffe des Fleisches, Thier III und IV in der Form von Harnsäure.

Bei dieser Nahrung änderte sich das Gewicht der Thiere, wie folgt:

Name des Kaninchens	Art der Fütterung	Anfangsgewicht	Gewicht am Ende der 1ten Woche	2ten Woche	3ten Woche	4ten Woche	5ten Woche	6ten Woche	7ten Woche
I	Fleischextrakt	882	938	937	932	948	956	967	968
II	Oel und Stärke	303,5	301	328	335	334	339	332	330
III	Harnsäure, Oel,	402	422	420	428	420	437	434	—
IV	Stärke und Asche	218	231	216	208	200	174	—	—
V	Oel, Stärke und Asche	250	228	198	183	—	—	—	—

„Die ersten 3 Kaninchen haben bis jetzt vollkommen gesundes Aussehen und Lebhaftigkeit in ihren Bewegungen, das 4. sieht kränklich aus und frisst wenig, das 5. aber starb am 23. Tage. Wenn man die Fütterungsversuche von Thieren mit eiweissfreiem Futter berücksichtigt, die von Andern angestellt sind, so ergibt es sich, dass die Zugabe von Eiweisszersetzungsprodukten zu solchem Futter eine sehr grosse Bedeutung für die Ernährung hat. Diese Bedeutung tritt besonders scharf hervor bei Kaninchen IV und V um so mehr, da sie Beide zu ein und demselben Wurfe gehörten, und der ganze Unterschied in ihrer Nahrung nur darin bestand, dass dem Kaninchen IV zum Futter Harnsäure zugefügt wurde. Es scheint, als ob zu derartigen Versuchen ausgewachsene Thiere geeigneter sind, als ganz junge (IV und V).“

Rudzki macht dann weiter den Schluss, dass der Organismus eine Synthese des Eiweisses aus Kohlehydraten und Extraktivstoffen resp. Harnsäure ausführt, er betrachtet die Eiweisskörper, wie schon vor ihm Andere, als Amide oder Nitrile der Kohlenhydrate; das die Synthese vermittelnde Organ ist nach seiner Ansicht die Leber.

Der Nachweis des Nährwerthes der Harnsäure, zugleich mit

den daraus sich ergebenden Folgen für das Wesen des Eiweissmoleküls, würde unsere Ansichten über Ernährung wesentlich ändern und ganz neue Gesichtspunkte eröffnen. Je weiter aber das Resultat eines Versuchs von den bisher bekannten Thatsachen abweicht, desto näher liegt der Verdacht einer Täuschung und desto vorsichtiger geht man an die Beurtheilung heran.

Desshalb veranlasste Herr Geh. Rath Pflüger mich, die Untersuchung Rudzki's zu controliren, und unterstützte mich bei der Ausführung dieser Arbeit mit Rath und That.

Es handelte sich bei diesen Versuchen darum, Kaninchen mit eiweissfreien Substanzen zu füttern, um zu erforschen, ob bei völligem Ausschluss der Eiweissnahrung ein Zusatz von Harnsäure zum Futter das Leben erhalten kann. War es aber nicht möglich, ganz eiweissfreie Nahrung zu erhalten, so konnte auch der Versuch so angestellt werden, dass ein möglichst eiweissarmes Material benutzt wurde, das, allein gereicht, für die Ernährung nicht genügte. Wenn der Nährwerth desselben durch Zusatz von eiweissfreier Harnsäure gesteigert wurde, so war auch dadurch der Werth der Harnsäure als Nahrungsmittel dargethan. Die mit dem Futter vorgenommene Untersuchung auf Eiweiss ist unten mitgetheilt. Um ein zuverlässiges Resultat zu erhalten, genügte es nicht, den Thieren ein eiweissfreies Futter zu reichen, sondern es musste ihnen auch die Möglichkeit, auf anderm Wege sich Eiweiss zu verschaffen, genommen werden. Hölzerne Behälter, sowie Stroh zum Streuen, durften wir mithin nicht benutzen, weil diese Substanzen eiweisshaltig sind und somit, wenn sie den Versuchsthieren zugänglich waren, die beabsichtigte Eiweissentziehung illusorisch gemacht hätten. Jedes unserer Kaninchen war desshalb in einen Drahtkasten gesetzt, der so enge Maschen besass, dass das darunterliegende Brett nicht benagt werden konnte. Für das Abfliessen des Urins war durch Schiefstellen des Brettes gesorgt worden. Die das Futter und Wasser enthaltenden Näpfe bestanden aus Porzellan.

Wir entschlossen uns, auf die Fütterung von Fleischextrakt zu verzichten, da dieselbe, falls sie im Sinne der Rudzki'schen Versuche ausfiel, nicht als völlig beweisend anzusehen war. Das Fleischextrakt, aus Fleisch gewonnen, kann sehr leicht einen geringen Eiweissgehalt besitzen, denn Eiweisskörper, die in Wasser löslich sind und durch Hitze nicht gerinnen, gehen in das Extrakt

über. Der Nachweis, dass Fleischextrakt eiweissfrei sei, ist nicht mit Sicherheit zu führen, denn beim Ausbleiben der wenig charakteristischen Eiweissreaktionen lässt sich immer noch eine die Reaktion nicht gebende Modifikation der Albuminstoffe vermuthen. Bei der Unsicherheit des Eiweissnachweises im Extrakt darf man auch keine Schlüsse ziehen, welche die Eiweisslosigkeit desselben zur unbedingten Voraussetzung haben. Zuverlässiger ist die Fütterung mit Harnsäurezusatz, weil eine bedeutende Verunreinigung dieser Substanz mit Eiweiss gar nicht möglich ist. Denn Harnsäure wird, wie bekannt, aus Vogel- oder Schlangenexcrementen dargestellt, in denen Eiweiss nicht oder nur in geringer Menge enthalten ist.

Diese Versuche Rudzki's haben wir wiederholt und zwar genau nach seinen Angaben. Die Thiere A, C und F, welche Harnsäure als Futterbestandtheil erhielten, wurden mit folgenden Substanzen genährt, Reisstärke 85%, Fleischasche 2%, reines Olivenöl 5%, Harnsäure 8%. Die Controlthiere B, D und E genossen stickstofflose Nahrung, die zusammengesetzt war aus 93% Reisstärke, 2% Fleischasche und 5% Olivenöl. Die Kaninchen befanden sich in einem geheizten, hellen Zimmer, jedes isolirt in seinem Drahtkäfig. Täglich wurden sie mit obiger Nahrung gefüttert, von der sie nach Belieben fressen konnten. Stärke, Asche und Harnsäure, ebenso Stärke und Asche wurden vorher in grössern Quantitäten nach dem angegebenen Verhältniss gemischt. Wenn den Thieren die Nahrung gereicht werden sollte, so wurde einem Theil der schon fertigen Mischung das erforderliche Quantum Oel zugesetzt, dann dasselbe mit Wasser zu einem weichen Brei verrieben und den Thieren gereicht. Ausserdem erhielten dieselben Wasser. Beim Beginn der Fütterung liessen sie 1 bis 3 Tage die Speise unberührt, dann gewöhnten sie sich aber an dieselbe und verzehrten sie oft in grossen Quantitäten.

Alle Thiere hungerten vor dem Beginn der Versuche 24 Stunden, erst dann wurde ihr Anfangsgewicht genommen.

Schwarzes Kaninchen A erhält die harnsäurehaltige Nahrung. Beginn des Versuchs 25. Januar. Anfangsgewicht 1120 gr. Der Tod tritt nach 45 Tagen ein. Das Gewicht am Todestage beträgt 750 gr. oder 0.67 des Anfangsgewichtes. Das Thier verzehrte täglich durchschnittlich 27 gr. Futter. In Darm und Blase des gestor-

benen Thieres befanden sich noch 92 gr. Koth und Harn, die grösste Menge des Koths sass im Blinddarm.

Weisses Kaninchen B wird mit der harnsäurefreien Nahrung gefüttert. Beginn des Versuchs am 25. Januar. Anfangsgewicht 771 gr. Tod erfolgte nach 22 Tagen. Gewicht am Todestage = 495 gr. oder 0,64 des Anfangsgewichts. Es genoss täglich durchschnittlich 22 gr. Futter. Nach 12 tägiger Fütterung erkrankte das Thier an starken Diarrhoeen, die einige Tage andauerten und eine bleibende Kraftlosigkeit desselben zur Folge hatten. Schon 8 Tage vor seinem Tode war es so schwach, dass es, auf die Seite gelegt, erst nach vielen vergeblichen Versuchen sich wieder aufzurichten vermochte. Der im Darm des gestorbenen Thieres enthaltene Koth betrug 85 gr., davon kamen 70 gr. auf den Blinddarm. Das colon transversum war durch eine Geschwulst sehr verengt.

Weisses Kaninchen C wird mit der harnsäurehaltigen Nahrung gefüttert. Beginn des Versuchs am 11. Februar. Anfangsgewicht des Thieres 1430 gr. Der Tod erfolgte nach 58 Tagen. Gewicht am Todestage 880 gr. oder 0,60 des Anfangsgewichtes. Der Blinddarm enthielt eine ansehnliche Menge Koth. Täglich genossene Nahrung 26 gr.

Weisses Kaninchen D wird mit harnsäurefreier Nahrung gefüttert. Beginn des Versuchs am 11. Februar. Anfangsgewicht des Thieres 1308 gr. Es starb nach 61 Tagen. Gewicht am Todestage 820 gr. oder 0,63 des Anfangsgewichtes. Auch hier war nur der Blinddarm mit Koth gefüllt. Das Thier genoss täglich im Durchschnitt 28 gr. Futter.

Rehbraunes Kaninchen E wird mit harnsäurefreier Nahrung gefüttert. Beginn des Versuchs am 17. Februar. Anfangsgewicht 1360 gr. Thier starb nach 35 Tagen. Gewicht am Todestage 900 gr. oder 0,66 des Anfangsgewichtes. Nur der Blinddarm wird bei der Sektion mit Koth gefüllt gefunden. Durchschnittlich hat das Thier täglich 31 gr. Futter verzehrt.

Kaninchen F von fuchsiger Farbe wird mit der harnsäurehaltigen Nahrung gefüttert. Beginn des Versuchs am 17. Februar. Anfangsgewicht nach 24 stündigem Hungern 1200 gr. Der Tod erfolgte nach 27 Tagen. Gewicht des Thieres am Todestage 900 gr. oder 0,75 des Anfangsgewichtes. Das Thier verzehrte täglich im Durchschnitt 33 gr. Futter. Der Darm enthielt schleimigen Inhalt, im Blinddarm befand sich eine Menge Koth.

Dem Kaninchen G entzogen wir alle Nahrung bis auf das Trinkwasser. Es starb nach 5 Tagen.

Zur Erleichterung der Uebersicht sind die wichtigsten Daten obiger Versuche tabellarisch zusammengestellt.

Art der Fütterung	Beginn der Fütterung	Anfangsgewicht nach 24stündig. Hungern	Gewicht am Ende der 1ten Woche	2ten Woche	3ten Woche	4ten Woche	5ten Woche	6ten Woche	7ten Woche	8ten Woche	9ten Woche	Tod an welchem Tag nach Beginn des Versuchs	Gewicht am Todestag. das Anfangsgewicht = 1 gesetzt	Täglich verzehrte Nahrung im Durchschnitt
Harnsäure 8%, Stärke 85%, Oel 5%, Asche 2%	24/1	1120	1070	1000	960	970	880	800	750	—	—	45	0,66	27 gr.
	11/2	1430	1480	1320	1260	1180	1190	1080	1050	950	880	58	0,60	26 gr.
	17/2	1200	1210	1070	940	930	900	—	—	—	—	27	0,75	33 gr.
Stärke 93%, Oel 5%, Asche 2%	24/1	771	760	520	470	495	—	—	—	—	—	22	0,64	22 gr.
	11/2	1308	1320	1310	1140	1150	1100	1030	1010	990	820	61	0,63	28 gr.
	17/2	1360	1300	1220	1140	1150	900	—	—	—	—	35	0,66	31 gr.
ohne Nahrung	24/1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	00 gr.

Diese Versuche ergeben mit voller Evidenz, dass der Nährwerth eines unzureichenden Futters durch Harnsäurezusatz nicht gesteigert wird. Die drei mit harnsäurehaltiger Nahrung gefütterten Thiere starben nach 27, 45 und 58 Tagen, die 3 mit harnsäureloser Kost ernährten lebten 22, 35 und 61 Tage. Kaninchen E, das keine Harnsäure erhielt, lebte länger als Kaninchen F, das mit harnsäurehaltigem Futter ernährt wurde, Kaninchen D zeichnet sich, wiewohl seine Nahrung harnsäurefrei war, durch die längste Lebensdauer aus. Die durchschnittliche Lebensdauer der 3 ohne Harnsäurezusatz gefütterten Thiere beträgt 39 Tage, die mit Harnsäure ernährten starben nach 43 Tagen. Von den beiden Thieren mit kürzester Lebensdauer (B und F) ebenso von denen mit längster Lebensdauer (C und D), war das eine mit, das andere ohne Harnsäurezusatz gefüttert worden.

Die Harnsäurefütterung vermag mithin das Leben der Kaninchen nicht zu verlängern. Die ganz bedeutenden bei unseren Fütterungen hervortretenden Schwankungen in der Lebensdauer der einzelnen Thiere sind durch individuelle Eigenthümlichkeiten bedingt, unter denen Gewicht und Alter der Thiere den grössten Effekt bedingen, indem mit zunehmendem Gewicht und Alter die Lebensdauer sich verlängert. Nachfolgende Tabelle ist nach dem Gewichte geordnet.

Thier	Fütterung	Anfangsgewicht	Lebensdauer
B	ohne Harnsäure	771	22
A	mit "	1120	45
F	mit "	1200	27
D	ohne "	1308	61
E	ohne "	1360	35
C	mit "	1430	58

Es zeigt sich im Allgemeinen bei den schwereren Thieren eine längere Lebensdauer als bei den leichteren. Dieses Resultat erklärt sich aus dem relativ kleinern Stoffwechsel grösserer Thiere. Die täglich dem Lebensprozess verfallende Menge von Organsubstanz ist im Verhältniss zum Körpergewicht bei schweren Thieren derselben Raçe kleiner als bei leichten. Jedoch ist die Lebensdauer unserer Kaninchen nicht völlig proportional ihrem Körpergewicht. Kaninchen E und F besitzen eine für ihr Gewicht zu kurze Lebensdauer. Diese Abweichung erklärt sich aus der geringern Lebensdauer junger Thiere. Kaninchen E und F waren ½ Jahr alt, D und C dagegen ausgewachsene Kaninchen.

Wiewohl die Versuche ergeben haben, dass der Zusatz von Harnsäure zur Nahrung das Leben nicht erhält, ja nicht einmal verlängert, so bleibt es doch sehr überraschend, dass alle Versuchsthiere viele Wochen ihr Leben fristeten, während Kaninchen G, das gar keine Nahrung erhielt, schon nach 5 Tagen starb. Aufklärung gibt uns die Analyse des benutzten Futters.

Harnsäure: Ein Eiweissnachweis in derselben ist nicht leicht, da sie selbst stickstoffhaltig ist und die so einfache Methode des Stickstoffnachweises nicht angewandt werden kann. Wir fanden die benutzte Harnsäure schwefelfrei und begnügten uns mit diesem Resultat, um so mehr als wir die Harnsäure vor Gebrauch durch Umkrystallisiren nochmals gereinigt hatten.

Die Asche wurde durch Glühen aus Pferdefleisch gewonnen und konnte natürlich kein Eiweiss enthalten.

Das Oleum olivarum purum zeigte, mit absolutem Alkohol versetzt, keine Trübung und gab keine Stickstoffreaction. Die gebrauchte Stärke war Reisstärke. Sie wurde zuerst qualitativ auf Stickstoff geprüft durch Erhitzen mit Natronkalk. Hierbei entwickelte sich eine dicke Rauchwolke aus der Stärke, so dass der

Nachweis von Ammoniak nicht geführt werden konnte. Verschloss man aber die Oeffnung des Reagenzglases mit einem Asbestpfropfen, so blieb der sich bildende Rauch in diesem hängen und jetzt stiegen an dem hingehaltenen mit Essigsäure oder Salzsäure befeuchteten Stabe deutlich sichtbare weisse Nebel auf. Die Anwesenheit von Stickstoff resp. Eiweiss in der Stärke war somit erwiesen. Förster gibt den durch mehrere nach der Will-Varrentrapp'schen Methode ausgeführte Analysen bestimmten Stickstoffgehalt der Stärke zu 0,17 % an. Wir fanden nach derselben Methode bei einem zur Analyse verwandten Quantum von 0,87 gr. 0,19 % Stickstoff in der nicht getrockneten Stärke. Eine nach Dumas vorgenommene Analyse, zu der 1,69 gr. Stärke genommen wurden, ergab 0,60 % Stickstoff in der Stärke. Ueberhaupt alle Stärke, die ich von verschiedenen Seiten bezog, zeigte sich bei sorgfältiger Prüfung stets stickstoffhaltig. Durch beide Methoden fanden wir verschiedene Werthe, da die Will-Varrentrapp'sche Methode häufig niedrigere Zahlen ergibt. In dem Eiweissgehalte der Stärke liegt mithin der wesentliche Grund für die lange Lebensdauer der Versuchsthiere.

Der geringe Eiweissgehalt des von uns benutzten Futters macht unsere Versuche noch beweiskräftiger, als sie bei völlig eiweissfreier Nahrung sein würden. In Folge der täglichen ungenügenden Eiweisszufuhr war der Stickstoffverlust geringer als bei völligem Hungern. Wenn aus der Harnsäure sich wirklich Eiweiss gebildet hätte, so wäre bei unsern Versuchen eine geringere Quantität zur Herstellung der völligen Lebensfähigkeit genügend gewesen, als bei Darreichung von völlig eiweissfreiem Futter.

Beurtheilen wir jetzt unter Berücksichtigung der von uns gemachten Erfahrungen Rudzki's überraschende Entdeckung. Ein wesentlicher Unterschied unsern Versuchen gegenüber besteht darin, dass die beiden mit Fleischextrakt gefütterten Thiere (I und II) und ein mit Harnsäurezusatz gefüttertes (III) an Gewicht zunahmen. Kaninchen IV dagegen (218 gr. Gewicht), auch mit Harnsäure ernährt, wog nach 5 Wochen nur noch 0,79 seines Anfangsgewichts. R. schliesst aus dieser Abweichung, dass junge Thiere weniger gut diesen Wechsel der Nahrung ertragen; er hätte indessen den frühen Tod des Controlthieres V (250 gr. Gewicht), das schon in der 3. Woche starb, ebenfalls auf dessen Jugend und nicht auf die Art der Fütterung beziehen können. Die beiden jüngsten Thiere

(IV und V), das eine mit, das andere ohne Harnsäurezusatz gefüttert, konnten beide ihr Körpergewicht nicht behaupten. Seine Resultate hat R. dadurch erhalten, dass er zufällig das am wenigsten widerstandsfähige Thier zum Controlthier auswählte. Eine Theorie aufzubauen aus dem Resultat eines Versuches ist grade bei dem Vergleich zweier Organismen so bedenklich, da jedes der beiden Versuchsthiere eine Menge Eigenthümlichkeiten besitzt, durch die es sich von jedem andern Thier derselben Raçe scharf unterscheidet. Wenn zwei äusserlich ziemlich gleichwerthige Thiere verglichen werden, so sind damit nicht zwei gleiche und sich gleichbleibende Grössen gegeben, auf die eine dritte einwirken kann, so dass der Effekt als eine Folge dieser Einwirkung anzusehen ist, sondern sie können schon im Beginn des Versuchs trotz der scheinbaren Gleichartigkeit verschiedenen Werth besitzen und auch noch während des Versuchs von der Versuchsanordnung unabhängige Schwankungen erleiden, die dann alle durch den Versuch bedingt zu sein scheinen. Aus dem Ergebniss eines einzigen Versuchs einen wichtigen Schluss zu ziehen, ist desshalb nicht erlaubt.

Auch wir hätten durch unsere Versuche ein ähnliches Resultat wie Rudzki erhalten können, wenn wir nur 1 Thier und zwar Kaninchen B als Controlthier benutzt hätten. Wäre dagegen unsere Wahl auf Kaninchen D gefallen, so hätte letzteres alle mit Harnsäure gefütterten Thiere überlebt. Rudzki benutzte zwar zu seinen Fütterungsversuchen 5 Thiere, jedoch erhielten 4 stickstoffhaltige Nahrung, nur 1 stickstofflose. Während er den Einfluss der stickstoffhaltigen Nahrung durch mehrere Versuche unzweifelhaft feststellte, indem er Erhaltung des Lebens und Gewichtes durch Zufuhr einer Harnsäure und Fleischextrakt enthaltenden Nahrung erzielte, vernachlässigte er die andere ebenso wichtige Seite, die Wirkung der von ihm als stickstofffrei angesehenen Nahrung. Hätte Rudzki mehrere Thiere auf dieselbe Weise wie Kaninchen V gefüttert, so wäre er bald zu der Ueberzeugung gelangt, dass auch diese sich gut conservirten und an Gewicht zunahmen. Wir ersehen aus Rudzki's Versuchen nur, dass die älteren Kaninchen I, II und III von der erhaltenen Nahrung eine lange Zeit leben konnten, während die jungen Thiere IV und V, ersteres trotz der Harnsäurenahrung, an Gewicht verloren. Unsere eignen Versuche haben aber erwiesen, dass die gereichte Nahrung, gleichgültig ob Harnsäure darin enthalten wär oder fehlte, das

Leben mehrere Wochen erhalten konnte und dass der Grund für die lange Lebensdauer hauptsächlich in dem Eiweissgehalt der Stärke zu suchen sei. Rudzki gibt zwar an, dass er die Nahrungsmittel als eiweissfrei erwiesen habe, sagt aber über die Methode des Eiweissnachweises nichts. Da nun die qualitative Stickstoffanalyse oft grosse Schwierigkeiten bereitet und bei geringem Gehalt leicht negative Resultate gibt, so glauben wir nicht fehl zu gehen, wenn wir auch in Rudzki's benutzter Stärke einen Eiweissgehalt annehmen, der ihm bei der Untersuchung entgangen ist. Wenn bei dieser Ernährung Rudzki's Thiere sogar an Gewicht zunahmen, so beweist das nur, dass die Verunreinigung der Nahrung mit Eiweiss so bedeutend war, dass eine Gewichtszunahme des Körpers stattfinden konnte. Vielleicht wirkten noch andere Umstände bei Rudzki's Versuchen günstig ein, der geringere Stoffwechsel der Thiere im Sommer, der Aufenthalt im Dunkeln, nicht genügende Isolirung u. s. w. Das zum Leben nöthige Eiweiss bildeten sich die Thiere nicht durch Synthese aus Harnsäure, sondern sie erhielten es in der Nahrung. Wir machten noch einen Versuch mit einer Taube, der mit unsern mitgetheilten Ergebnissen völlig harmonirte. Die Taube erhielt 4 Tage lang nur Wasser, keine Nahrung. Die Fäces wurden grün, aber die Harnsäure verschwand nicht aus den Excrementen. Am 5. und 6. Tage wurde sie mit der Nahrung der Kaninchen B, D und E gefüttert d. i. mit Stärke, Oel und Asche. Am 6. Tage starb sie; die zuletzt entleerten Fäces enthielten noch Harnsäure. Wir gingen bei diesem Versuche von folgender Betrachtung aus. Wenn Harnsäure ein Nahrungsmittel ist und vom Organismus benutzt wird, so könnte sie bei der hungernden Taube als einzig vorhandener stickstoffhaltiger Nährstoff zur Regeneration der verbrauchten Gewebe dienen und im Harn verschwinden. Nach viertägigem Hungern fand sie sich aber noch in bedeutender Menge. Hiergegen liesse sich einwenden, dass die Bildung von Eiweiss aus Harnsäure nicht geschehen sei, weil die andern Componenten, Stärke und Fett, fehlten. Wir fütterten desshalb am 5. und 6. Hungertage die Taube mit Fleischasche, Stärke und Fett, aber auch jetzt bestand die Harnsäureausscheidung fort. Eine Synthese des Eiweisses aus der fortwährend durch den Lebensprozess sich bildenden Harnsäure und den in der Nahrung zugeführten Kohlenhydraten wäre bei dem grossen Eiweissbedürfniss sehr zweckmässig gewesen. Die Ver-

wendung der Harnsäure im Körper zur Eiweissbildung hätte sich aber als Fehlen derselben im Harn gezeigt. Ihr Vorhandensein darin bewies, dass der Körper sie ungehindert entliess, weil er sie nicht benutzen konnte.

Die Entstehung der Harnsäure im Organismus macht es auch unwahrscheinlich, dass sie den Werth eines Nahrungsmittels habe. Bei den Vögeln und Schlangen ist sie das Endprodukt der Eiweisszersetzung und wird ausgeschieden. Nach Knierim's Untersuchungen erscheint beim Huhn gefüttertes Glycocoll im Harn als Harnsäure. Letztere bildet sich also durch Synthese, um dann den Körper zu verlassen. Eiweiss und seine Abkömmlinge streben im Körper des Vogels der Form der Harnsäure zu, das Eiweiss indem es zerfällt, die einfachern Stickstoffverbindungen, indem sie eine Synthese erfahren. Alles das deutet darauf hin, dass Harnsäure die Form ist, in der der Stickstoff den Körper mit Vorliebe verlässt, nicht aber eine Verbindung, welche eine für die Ernährung hochwichtige Rolle zu spielen vermag.

Wir machten bei den mitgetheilten Fütterungsversuchen noch einige mit der behandelten Frage nicht in direkter Beziehung stehende Beobachtungen. Es ergab sich aus dem Gewichte der Thiere beim Beginn der Versuche und beim Tode, einen wie grossen Bruchtheil seines Anfangsgewichtes ein Kaninchen durch Nahrungsentziehung oder durch ungenügende Ernährung verlieren kann, bevor der Tod eintritt.

Kaninchen	Gewicht am Todestage, Anfangsgewicht = 1 gesetzt
A	0,66
B	0,57
C	0,60
D	0,63
E	0,66
F	0,75

Durchschnittlich wogen also die Thiere am Todestage 0,64 ihres frühern Gewichts, eine Zahl, die der von Chossat gefundenen ziemlich nahe kommt. Unsere Zahl ist mit einem kleinen Fehler behaftet, da die Zahlen für das Anfangs- wie auch das Endgewicht der Kaninchen, durch deren Division die Verhältnisszahl 0,64 entstanden ist, zu gross genommen sind. Es ist nämlich der im lan-

gen Darmrohr des Pflanzenfressers auch nach dem Verhungern noch reichlich enthaltene Koth mitgewogen und als zum Gewichte des Thieres gehörig verrechnet. Da indessen beide Zahlen einen Fehler in gleichem Sinne erlitten, so vermindert er sich oder verschwindet bei ihrer Division.

Ausser dieser bedeutenden Gewichtsabnahme findet sich eine Steigerung des Wassergehaltes im Körper des verhungerten Thieres. Diese von Voit und Bischoff gefundene Thatsache konnten wir durch Trockenanalysen des Muskelfleisches bestätigen. Der Organismus vermag mithin bei Darreichung ungenügender Nahrung oder bei gänzlicher Entziehung derselben ganz gewaltige Veränderungen einzugehen, die alle in zweckmässiger Weise auf eine Verlängerung des gefährdeten Lebens hinzielen. Die Stickstoffausscheidung sowie die Kohlenstoffabgabe sinken, der Körper zehrt von seinem eignen Gewebe, bis er etwa 1/8 seines Gewichtes verloren hat. Der Verlust an wesentlichen Gewebsbestandtheilen ist aber noch grösser, als sich direkt aus der Gewichtsabnahme schliessen lässt, weil der Wassergehalt gestiegen ist.

(Physiologisches Laboratorium zu Bonn.)

Ueber den Stoffwechsel entbluteter Frösche.

Von

Dr. **Ernst Oertmann.**

In der Lehre von der Respiration ist von fundamentaler Wichtigkeit die Frage nach dem Orte der Oxydationsprocesse, ob dieselben ausschliesslich im Blut oder ausschliesslich in den Geweben oder in beiden Organen zugleich stattfinden. Eine vergleichend anatomische Betrachtung bietet für die Beantwortung derselben werthvolle Gesichtspunkte. Den niedersten Thieren fehlt das Blut und sogar das Gefässsystem, sie besitzen nur Gewebe;

aber dennoch verbrauchen sie Sauerstoff und bilden Kohlensäure, grade so, wie die höher organisirten Geschöpfe. Ihr Stoffwechsel geht also in den Geweben vor sich. Bei höher stehenden Klassen, Insekten, Crustaceen hat sich schon ein Circulationsapparat entwickelt, der Inhalb desselben ist aber farbloses Blut. Hier vollziehen sich die Lebensprocesse noch ohne Anwesenheit des Hämoglobins und dennoch zeigen manche der Insekten eine Respirationsenergie, welche auf gleiche Zeit und gleiche Gewichtsmenge bezogen, die des Menschen weit übertrifft. Wesshalb sollte, da bei Abwesenheit des Hämoglobins die Gewebe allein ganz bedeutende Lebensprocesse zeigten, mit dem Auftreten des Blutroths plötzlich ein gänzlicher Umschwung eintreten und die Oxydation der verbrennlichen organischen Moleküle ausschliesslich oder zum grössten Theil im Blute stattfinden, während doch die Gewebe scheinbar dieselben geblieben sind, wie beim blutlosen Thier?

Die Processe, welche wir mit dem Gesammtbegriff Stoffwechsel bezeichnen, und die sich hauptsächlich als Sauerstoffconsum und Kohlensäurebildung äussern, dürfen demnach nicht eher ins Blut verlegt werden, als bis genügende Beweise hierfür vorliegen. Al. Schmidt hatte sich bemüht, dieselben zu erbringen. Er suchte durch seine Untersuchungen nachzuweisen, dass im Blute die günstigsten Bedingungen für eine ergiebige Oxydation, nämlich leicht oxydirbare Substanzen und aktiver Sauerstoff, vorhanden seien. Ferner glaubt er in einer mit Ludwig gemeinsam unternommenen Arbeit bewiesen zu haben, dass mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit des Blutes auch die Oxydationsprocesse sich vermehren. Diese Untersuchungen würden zu der Ansicht berechtigen, dass wenigstens ein grosser Theil der Gesammtoxydation im Blute vor sich gehe. Pflüger hat aber gezeigt[1]), dass die leicht zersetzbaren Substanzen sogar im Erstickungsblut nur in minimaler Menge enthalten sind, dass die für die Anwesenheit von Ozon im Blute beigebrachten Beweise auch eine andere Deutung gestatten und dass der Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit des Bluttes auf den Stoffwechsel durch die von Ludwig und Schmidt am ausgeschnittenen Muskel angestellten Versuche nicht auf die lebendigen Organe übertragbar seien. Im Anschluss hieran fand Finkler[2]), der am lebenden Thier experimentirte, dass bei

1) Pflüger, Ueber die physiolog. Verbrennung Pflügers Arch. X.

2) Finkler, Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit, Pflügers Arch. X.

bedeutender Aenderung der Strömungsgeschwindigkeit die Oxydationsprocesse dieselben bleiben. Pflüger hat sämmtliche scheinbar für die Blutathmung sprechende Resultate als unrichtig erwiesen und so viele wichtige die Gewebeathmung bekundende Thatsachen gesammelt, dass ein Zweifel an der Richtigkeit seiner Behauptungen kaum noch bestehen kann.

Wenn die folgende Untersuchung einen neuen Beitrag liefert zur Lehre von der Gewebeathmung, so geschieht es nicht, um eine bisher noch zweifelhafte Thatsache zu sichern, sondern um das direkt zu beweisen, dessen Wahrheit bisher durch viele indirekte Beweisführungen schon genügend dargethan war. Wir haben den Stoffwechsel des blutleeren Frosches, der nur noch aus Gewebe bestand, verglichen mit dem Stoffwechsel des gesunden bluthaltigen Frosches. Hierbei wurde der Antheil, den das Blut und das Gewebe an der innern Respiration haben, direkt beobachtet.

Die Respiration eines lebenden entbluteten Thieres ist bisher noch nicht untersucht worden; wohl liegen dagegen viele klinische Erfahrungen vor über die Folgen eines grössern Blutverlustes d. i. einer theilweisen Entblutung. Bedeutende Blutverluste bedingen Temperaturerniedrigung, allgemeine Schwäche, Unfähigkeit zu auch nur geringen Bewegungen, Symptome, aus denen häufig, wiewol ohne Grund, auf einen gesunkenen Stoffwechsel geschlossen wird. Es lässt sich leicht zeigen, dass diese Erscheinungen auch unter Annahme unverminderter Oxydationsvorgänge ihre genügende Erklärung finden.

Die Temperaturerniedrigung hält meist nur 1 bis 2 Stunden an, so dass, wenn man aus ihr auf den Stoffwechsel schliessen wollte, ein nur ganz kurze Zeit dauerndes Sinken angenommen werden kann. Es kann jedoch auch eine Temperaturabnahme durch vermehrten Wärmeverlust entstehen. Der Umstand, dass nach einem Blutverlust geringe Bewegungen grosse Erschöpfung hervorrufen, während im Ruhezustand die Störungen gering sind, zeigt uns, dass die Organe nur noch im Ruhezustand und bei ungehinderter Circulation genügendes Material für die in ihnen stattfindenden Oxydationsprocesse zugeführt bekommen. Sobald durch Thätigkeit ihr Stoffwechsel sich steigert und durch Muskelcontraktionen die Blutzufuhr zu bestimmten Körpertheilen vielleicht behindert ist, genügt das Blut nicht mehr, um die höhern Ansprüche der Gewebe zu erfüllen. Es ist daraus der Schluss zu ziehen, dass die

Stoffumsetzung in denselben sich nicht mit abnehmender Blutmenge vermindert hat. Herzschlag und Athembewegungen beschleunigen sich bei nur geringen Bewegungen, um wenigstens nach Kräften den Mangel zu compensiren.

Die Grösse der Oxydationsvorgänge nach einem starken Aderlass, ist experimentell bestimmt worden. Finkler zeigte, dass das Blut der Vena femoralis nach einem Aderlass bei geringerer Strömungsgeschwindigkeit sauerstoffärmer und kohlensäurereicher war, als vorher. Auf gleiche Zeiten berechnet, war die vor und nach dem Aderlass gefundene Grösse der Oxydationen dieselbe. Bauer[1]) hat Respirationsversuche angestellt am Pettenkoferschen Respirationsapparat mit einem 20 Kilo schweren Hunde, dem er 400 Ccm. Blut abliess. Die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe behielten in den ersten Stunden nachher ihre normale Höhe. Nach längerer Zeit waren die Sauerstoff- und Kohlensäurewerthe gesunken. Beide Untersuchungen finden auf verschiedenem Wege dasselbe Resultat, nämlich Unabhängigkeit des Stoffwechsels vom Blutgehalt.

In diesen Versuchen lag der Fingerzeig für die von mir angestellten. Wenn die Entfernung von etwa $^1/_3$ der ganzen Blutmasse den Stoffwechsel des Thieres nicht verändert, so wird die völlige Entfernung des Blutes aus dem Körper auch nicht die direkte Ursache einer Verminderung des Stoffwechsels sein, weil dieser in den Geweben seinen Sitz hat. Es erhalten aber nach Entfernung des Blutes die Organe nur sehr wenig Sauerstoff zugeführt, da der Sauerstoffträger, das Hämoglobin, fehlt. Ersetzt man z. B. das Blut durch Kochsalzlösung, so kann diese nur eine geringe Menge Sauerstoff absorbiren. Das Versuchsthier muss demnach einen so niedrigen Stoffwechsel haben, dass der absorbirte Sauerstoff genügt, um den Sauerstoffverbrauch der Organe zu decken. Ein Warmblüter war zu diesen Versuchen nicht zu verwenden, weil seine Herzthätigkeit und willkürlichen Bewegungen sogleich nach Entfernung des Blutes aufhören.

Cohnheim[2]) benutzte bei seinen Untersuchungen über das Verhalten der fixen Bindegewebekörperchen sog. Salzfrösche d. h.

---

1) Bauer, Ueber die Zersetzungsvorgänge im Thierkörper Biologie 8.

2) Cohnheim über das Verhalten der fixen Bindegewebskörperchen Virchow's Archiv B. XLV.

Frösche, deren Gefässsystem anstatt mit Blut, mit einer Kochsalzlösung gefüllt war. Er leitete in die Vena abdominalis des Frosches nach dem Einbinden einer feinen Canüle eine 0,75 % Kochsalzlösung ein. Diese wurde vom arbeitenden Herzen des Frosches ins Gefässsystem gepumpt, während aus einer peripheren Oeffnung der Vena abdominalis das Blut ausfloss. Auf diese Weise erzielte er, dass nach 1 bis 2 Stunden der Frosch kein Blut mehr enthielt. Die Frösche, so behandelt, lebten noch 1 bis 2 Tage, starben oft aber schon nach einigen Stunden. Sie boten also ein sehr geeignetes Material zur Untersuchung des entbluteten lebendigen Organismus. Es durfte erwartet werden, dass das Gewebe nach Entfernung des Blutes noch eine Zeit lang normal funktioniren würde, dass die Oxydationsprocesse in demselben diejenige Höhe hatten wie bei Anwesenheit des Blutes und zwar berechtigten zu dieser Hoffnung die Beobachtungen Pflügers[1]). Derselbe wies bekanntlich nach, dass ein Frosch in einem absolut sauerstofffreien Raume (stickstoffhaltig) 17¼ Stunden leben konnte, dass derselbe während dieser Zeit Kohlensäure abgab und zwar in den ersten 5 Stunden soviel, wie unter normalen Verhältnissen. Der Froschkörper besitzt, wie hieraus hervorgeht, eine grosse Lebenszähigkeit und behält auch unter den ungünstigsten äussern Verhältnissen seinen normalen Stoffwechsel noch eine Zeit lang.

Es war somit sehr wahrscheinlich, dass der nach Cohnheims Angabe entblutete Frosch einen Stoffwechsel zeigen würde, der gleich wäre dem Stoffwechsel eines gesunden Frosches minus den im Blut ablaufenden Oxydationen. Eine Gleichheit des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureabgabe in beiden Zuständen beweist ganz streng, dass in den Geweben allein die Lebensvorgänge stattfinden und im Blut nur eine unbedeutende Zersetzung vor sich geht. Der blutleere Frosch ist aber nur dann in die Möglichkeit versetzt, die wirkliche Grösse seines Stoffwechsels zu verrathen, wenn das Gewebe mit der genügenden Menge Sauerstoff in Berührung kommt. Betrachten wir, um die Grösse der Sauerstoffzufuhr beim Salzfrosch annähernd bestimmen zu können, denjenigen unserer unten mitgetheilten Versuche, welcher die ungünstigsten Verhältnisse bietet. Es ist Versuch VII, der bei der höchsten Temperatur (18° C.) angestellt wurde, so dass der Absorptionscoefficient für Sauerstoff am niedrigsten und der Stoffwechsel am grössten ist.

1) Pflüger Physiologische Verbrennung. Pflüger's Arch. X.

Wasser absorbirt bei 18° C. und Atmosphärendruck Sauerstoff 2,884 %, Sauerstoff, bei 1/5 Atmosphärendruck Sauerstoff (in der atmosphärischen Luft) 0,577 %. Setzen wir das Froschvolum = 100 Gr., der Frosch enthält 4,71 % bis 6,27 % Blut, also im Mittel 5,49 %. 100 Gr. Salzfrosch enthalten mithin, da ihr Blut durch Kochsalzlösung ersetzt ist, 5,49 Gr. Kochsalzlösung und diese vermag bei 1/5 Atmosphärendruck Sauerstoff und 18° C. 0,0317 Ccm. Sauerstoff zu absorbiren. Dauert der Kreislauf 1/2 Minute, so finden in der Stunde 120 Circulationen statt. Nehmen wir nun an, dass die den Organen zugeführte kleine Sauerstoffmenge völlig verbraucht wird und dass sich die dem arteriellen Blut entsprechende Flüssigkeit wieder ganz mit Sauerstoff gesättigt hat, so wird den Organen in der Stunde 120 × 0,0317 = 3,804 Ccm. Sauerstoff zugeführt. Das Gewicht des Frosches hatten wir bei dieser Berechnung = 100 Gr. gesetzt. Pro Kilogramm Thier und 1 Stunde Zeit beträgt demnach die Sauerstoffzufuhr durch die circulirende Kochsalzlösung 38,04 Ccm. Sauerstoff. Hierbei ist eine Sauerstoffspannung von 1/5 Atmosphärendruck, wie sie in der atmosphärischen Luft besteht, vorausgesetzt worden. Es waren aber vor Beginn dieses Versuchs, den wir als Beispiel gewählt haben, 4 Liter Sauerstoff durch den Apparat getrieben, so dass die Versuchsthiere sich in fast reinem Sauerstoff befanden. Die Spannung des Stauerstoffs im Apparat war also mindestens 3 bis 4 mal grösser, als in der atmosphärischen Luft. Die Absorptionsfähigkeit der Kochsalzlösung für 1/5 Atmosphärendruck Sauerstoff berechnet, fanden wir = 38,04 Ccm. Sauerstoff pro Kilo und Stunde, diese Zahl ist mithin mit 3 bis 4 zu multipliciren. Die Aufnahme des Sauerstoffs durch die Kochsalzlösung wird sehr begünstigt durch die starke Hautathmung der Frösche. Denn die Grösse des Gasaustausches wird bei den Fröschen, wie Regnault[1]) zeigte, durch die Exstirpation der Lungen nur wenig verändert, indem durch die Haut der Gaswechsel mit fast derselben Vollkommenheit stattfindet. Durch die Haut hindurch werden demnach auch die oberflächlichen Schichten der Gewebe, ohne Vermittlung des Gefässsystems mit Sauerstoff versorgt. Die Sauerstoffmenge, welche ein Frosch bei der Temperatur von 18° C. gebrauchen würde, können wir nach den Versuchen Regnault's schätzen. Derselbe fand

1) Regnault et Reiset Recherches chimiques sur la respiration. Gay-Lussac, Annales de Chimie 3. Serie T. XXVI.

bei 17° C. gebraucht 1 Kilo Frosch in 1 Stunde = 44,05 Ccm. Sauerstoff
bei 19° C. „ „ „ . „ = 73,4 Ccm. „

Wir sehen, dass beim Salzfrosch die Sauerstoffzufuhr zu den Geweben genügen kann.

Um zu finden, wieviel von der ganzen Respirationsgrösse dem Blute zukommt, untersuchten wir zuerst die Respiration des normalen Frosches (Rana esculenta) und dann unter denselben Verhältnissen die des ausgespritzten. Die an bluthaltigen Fröschen angestellten Versuche wurden folgendermassen vorbereitet und ausgeführt. Die Versuchsthiere (4 bis 6) nahmen wir eine Stunde vor Beginn des Versuchs aus ihrem mit ziemlich kühlem Wasser gefüllten Behälter heraus, damit ihr Körper bei Beginn des Versuchs die Temperatur der umgebenden Luft besitze. Darauf wurden sie in den von Pflüger modificirten[1]) Regnault'schen Respirationsapparat gebracht, der sogleich geschlossen und in Bewegung gesetzt wurde. Hiermit hatte der Versuch für die Kohlensäureabgabe begonnen, denn die von den Fröschen seit ihrer Einführung in den Apparat gelieferte Kohlensäure wurde von der Kalilauge der Ventile gebunden.

Die Beobachtung des Sauerstoffverbrauchs konnte erst 10 bis 15 Minuten später beginnen, weil durch das Zuschrauben des Apparates nach dem Einführen der Frösche der Druck im Versuchsraum sich oft etwas änderte. Es wurde desshalb mit der Beobachtung des Sauerstoffverbrauchs so lange gewartet, bis genau wieder Atmosphärendruck hergestellt war. Durch den Sauerstoffverbrauch der Frösche entstand im Apparat Luftverdünnung, die durch Nachströmen aus dem Sauerstoffgasometer ausgeglichen wurde, so dass im Apparat während des ganzen Versuchs Atmosphärendruck bestehen blieb. Die aus dem Gasometer in den Apparat abströmende Sauerstoffmenge wurde aber durch die aus einer Bürette in das Gasometer nachfliessende Chlorcalciumlösung gemessen. Die Kohlensäureabgabe der Thiere während eines solchen Versuches war gleich der nach dem Versuch in der Kalilauge enthaltenen Kohlensäuremenge, wovon der Kohlensäuregehalt der Kalilauge vor der Benutzung und der Kohlensäuregehalt der Luft des Apparates im Beginn des Versuches 0,4 pro mille abgezogen

1) Colasanti, Ueber den Einfluss der umgebenden Temperatur. Pflügers Arch. XIV.

wurde. Der Kohlensäuregehalt der zum Versuch benutzten Kalilauge wurde auf gasometrischem Wege mit Hülfe der Pflüger'schen Gaspumpe bestimmt. Die während des Versuchs aus dem Gasometer in den Apparat übergeströmte Sauerstoffmenge konnte nicht als Sauerstoffverbrauch des Thieres angesehen werden, sondern musste vorher noch einige durch die Schwankungen des Barometers und der Temperatur bedingte Correkturen erleiden.

In den mitgetheilten Versuchen sind nur die corrigirten Werthe angegeben. Die Temperatur des Versuchsraumes schwankte während der Versuche kaum um 0°,2 bis 0°,3 C., denn der Apparat war fast ganz in Wasser getaucht, welches die Temperatur der Atmosphäre besass und bei eintretenden Schwankungen der letztern seine Temperatur annähernd behielt wegen der hohen specifischen Wärme des Wassers.

Die Versuche mit entbluteten Fröschen sind in derselben Weise angestellt. Es wurde eine feine Canüle in die Vena abdominalis centralwärts eingebunden, durch die nach dem rechten Herzen hin eine 0,75 % Kochsalzlösung unter dem geringen Druck von 3 bis 4 Zoll Wasserhöhe einfloss. Dieser Druck im Verein mit der Aspiration des rechten Herzens reichte hin, um in kurzer Zeit das Gefässsystem des Frosches mit Kochsalzlösung zu füllen, während das verdrängte Blut durch das periphere Ende der Vena abdominalis ablief. Die Ausspritzung wurde so lange fortgesetzt, bis die ablaufende Flüssigkeit ganz farblos war. Darauf wurde das centrale und periphere Ende der Vena abdominalis unterbunden und der Salzfrosch war fertig zur Benutzung. Die Herstellung der für den Versuch erforderlichen Anzahl Salzfrösche dauerte 3 bis 4 Stunden, dann begann sogleich der Versuch. Nicht alle Frösche überstanden den gewaltigen Eingriff. Viele waren nach der Entblutung so kraftlos, dass sie zum Versuch nicht brauchbar waren.

Lassen wir jetzt die einzelnen Versuche folgen. Wir hielten es anfangs für zweckmässig, die Frösche bei einem möglichst niedrigen Stoffwechsel zu untersuchen, damit das Sauerstoffbedürfniss bei den Salzfröschen durch die geringe Sauerstoffzufuhr der im Körper circulirenden Salzlösung auch befriedrigt werden könne. Geeignet schien uns desshalb der hungernde Frosch, da der Stoffwechsel im Hungerzustand gering ist.

Versuch I mit bluthaltigen Fröschen am 5. Mai angestellt. 7 Frösche; seit dem vergangenen Herbst ohne Nahrung, wurden in den Apparat gesetzt. Sie waren sehr abgemagert und machten nur schwache Bewegungen.

Gewicht der Frösche = 347 Gr.

Temperatur der Frösche = 12°,9 C.

Temperatur des Apparates 12°,8 C.

Dauer des Versuchs 49 St. 50 Min.

Sauerstoffverbrauch pro Kilogr. Thiergewicht und 1 Stunde Zeit = 29,41 Ccm.

Kohlensäureabgabe pro Kilogr. und Stunde 21,2 Ccm.

Des Nachts wurde die Ventilation des Apparates ausgesetzt.

Respiratorischer Quotient = 0,7.

Nach Beendigung des Versuchs wurden die gebrauchten Frösche in Salzfrösche verwandelt, um in diesem Zustande wieder auf ihren Stoffwechsel untersucht zu werden. Sie ertrugen aber den Eingriff nicht, sondern starben während oder kurz nach der Entblutung. Es ging daraus hervor, dass durch den Hungerzustand geschwächte Frösche die Entblutung nicht zu überleben vermochten. Die zu den folgenden Versuchen benutzten Thiere sind einige Tage vor dem Gebrauch gefangen und gut genährt.

Die Ausspritzung liessen wir 1$^1/_2$ bis 2 Stunden dauern, um das Blut bis auf die letzten Spuren auszutreiben, es stellte sich aber in Folge der langen Dauer der Durchleitung ein allgemeines starkes Oedem ein, welches die Lebensfähigkeit der Frösche so sehr herabsetzte, dass sie sich schon nach einigen Stunden nicht mehr gegen die Rückenlage sträubten und bald nachher starben. Das Oedem erreichte einen so hohen Grad, dass die Zunge zu Wallnussgrösse anschwoll und aus dem Maule heraushing. Auch waren die Lymphsäcke prallgefüllt. Die allgemeine Schwellung des Thieres blieb aber nicht bis zu seinem Tode bestehen, sondern war einige Zeit nach dem Aussetzen der Durchleitung wieder verschwunden. Ein Respirationsversuch, den wir mit stark ödematösen Fröschen anstellten, ergab niedrige Werthe. Am Ende desselben lagen die Thiere wie todt im Apparat, die Herzbewegung bestand aber noch.

Wir haben denselben nicht mitgetheilt, da er für unsere Untersuchung keinen Werth hat, weil es klar ist, dass der Stoffwechsel des sterbenden Salzfrosches grade so sinkt, wie der des sterbenden bluthaltigen Frosches. Für eine erfolgreiche Fortsetzung unserer Untersuchung war es nöthig, den Salzfröschen eine grössere Lebensfähigkeit zu geben resp. das Eintreten des Oedems zu vermeiden. Wir erzielten dies durch Herabsetzung der Durchleitungszeit auf die Dauer einer halben Stunde. Wir überzeugten uns, dass schon nach wenigen Minuten die eigentliche Blutmasse aus dem Thierkörper entfernt war und weiterhin nur eine ganz schwach gelblich gefärbte und bald auch farblos werdende Flüssigkeit aus

dem peripheren Ende der Vena abdominalis abfloss. Bei dieser Art der Ausspritzung wurden die Blutkörperchen bis auf wenige entfernt, so dass der Inhalt der Gefässe farblos erschien, während mit Hülfe des Mikroskops noch Blutkörperchen entdeckt werden konnten. Nach jedem Versuch überzeugten wir uns von der Farblosigkeit des Gefässinhaltes bei jedem einzelnen Thier. Diese Salzfrösche lebten 2 bis 3 Tage.

Versuch II am 14. Mai mit Salzfröschen angestellt. 5 kleine am vorhergehenden Tage gefangene Frösche werden benutzt.

Gewicht der Frösche = 136 Gr.
Temperatur derselben 13°,7 C.
Temperatur des Apparates 13°,75 C.
Dauer des Versuchs 8 St. 35 Min.
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde = 29,63 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde = 24,87 Ccm.
Respiratorischer Quotient 0,84.

Der Versuch beginnt Mittags und wird Abends beendet. Der Apparat ventilirt andauernd. Am Ende des Versuchs leben die Salzfrösche noch alle und sind ziemlich kräftig.

Versuch III am 16. Mai mit Salzfröschen angestellt. 5 vor einigen Tagen gefangene Frösche werden benutzt.

Gewicht der Frösche = 229 Gr.
Temperatur der Frösche = 14°,0 C.
Temperatur des Apparates = 13°,8 C.
Dauer des Versuchs 21 Stunden.
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde = 23,3 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde = 22,6 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 0,97.

Der Versuch dauert die Nacht hindurch, während welcher Zeit 7 Stunden nicht ventilirt wird. Am Ende des Versuchs sind die Frösche noch munter.

Versuch IV am 26/27. Mai mit Salzfröschen angestellt. 5 Frösche werden benutzt, die 3 Stunden vorher per Post von Köpenik ankamen. Sie waren frisch gefangen, denn ihre Mägen waren angefüllt mit Fliegen u. s. w.

Gewicht der 5 Frösche = 411 Gr.
Temperatur der Frösche = 13°,8 C.
Temperatur des Apparates = 13°,8 C.
Dauer des Versuchs 18 St. 55 Min.
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde = 24,91 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde = 24,68 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 0,99.

Während der Nacht wird 7 Stunden nicht ventilirt. Alle Frösche leben noch am Ende des Versuchs.

Versuch V am 27/28. Mai an 4 bluthaltigen Tags vorher von Köpenik angekommenen Fröschen angestellt.

Gewicht der Frösche = 290 Gr.
Temperatur der Frösche = 13°,9 C.
Temperatur des Apparates = 13°,9 C.
Dauer des Versuchs 24 St. 45 Min.
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde = 28,91 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde = 28,86 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 0,99.

Dieser Versuch hat auch die Nacht hindurch gedauert, während dessen der Apparat 7 Stunden nicht ventilirt wurde.

Versuch VI am 28/29. Mai mit Salzfröschen angestellt. 3 Köpeniker Frösche werden benutzt.

Gewicht der Frösche = 135 Gr.
Temperatur der Frösche = 14°,5 C.
Temperatur des Apparates = 14°,6 C.
Dauer des Versuchs 21 St. 7 Min.
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde = 25,89 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde = 27,78 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 1,07.

7 Stunden während der Nacht wird bei diesem Versuche nicht ventilirt.

Der Stoffwechsel der Köpeniker Frösche, sowohl der gesunden als auch der entbluteten (Vers. IV, V u. VI) ist auffallend niedrig, zugleich besitzen die Thiere nicht die gewohnte Energie ihrer Bewegungen, sie waren offenbar durch den Transport von Köpenik nach Bonn, der im engen Kasten und bei hoher Temperatur stattfand, geschwächt. Wir stellten desshalb die folgenden Versuche wieder mit hiesigen frisch gefangenen Fröschen an. Die mitgetheilten Versuche litten an einem kleinen Fehler. Um die beobachteten Werthe möglichst gross und dadurch genau zu erhalten, waren die Versuche die Nacht hindurch fortgesetzt. Das den Apparat treibende Uhrwerk lief aber in einer Stunde ab, so dass die Frösche Nachts 7 bis 8 Stunden in einem nicht ventilirten Raume sassen. Es sammelte sich die während dieser Zeit gebildete Kohlensäure im Respirationsraume an, und der Kohlensäuregehalt war, als am andern Morgen die Ventilation wieder begonnen wurde, auf 1% bis 2% gestiegen. Ein mehrere Procente betragender Kohlensäuregehalt der Athemluft drückt beim Kaninchen, wie Raoult[1]) nachwies, den Stoffwechsel bedeutend herab.

---

1) Raoult, Influence de l'acide carbonique sur la respiration. Compt. rend. T. LXXXII.

Für den Frosch wäre ein gleicher Einfluss nicht unwahrscheinlich. Trotzdem behalten aber unsere mitgetheilten Beobachtungen ihren vollen Werth, denn alle unsere Versuche sowohl die mit gesunden, als auch die mit Salzfröschen angestellten, leiden an demselben Fehler, die absoluten Werthe haben sich also nur geändert, falls ein Einfluss des Kohlensäuregehaltes der umgebenden Luft auf den Stoffwechsel existirt, das Verhältniss der Versuchsresultate zu einander, worauf es uns allein ankommt, ist fast fehlerfrei.

Um aber in jeder Beziehung tadellose Werthe zu erhalten, modifizirten wir unsere bisherige Anordnung so, dass während des Versuchs ohne Unterbrechung ventilirt und dass derselbe schon Abends beendigt wurde.

Versuch VII am 4. Juni an Salzfröschen angestellt. 5 Tage zuvor bei Bonn gefangene Frösche wurden benutzt.

Die Temperatur war an diesem Tage sehr hoch und die Befürchtung lag nahe, dass bei dem durch die Wärme vermehrten Stoffwechsel und der aus demselben Grunde verminderten Absorptionsfähigkeit der Kochsalzlösung für Sauerstoff die Salzfrösche an Sauerstoffmangel leiden würden. Wir leiteten desshalb, nachdem die Thiere in den Apparat gebracht waren, 4 bis 5 Liter reinen Sauerstoffs durch den Apparat, der die atmosphärische Luft zum grössten Theile daraus verdrängte. Proportional mit der Zunahme des Partiardruckes des Sauerstoffs im Apparat stieg auch die Absorptionsfähigkeit der das Gefässsystem der Frösche füllenden Kochsalzlösung für Sauerstoff.

Gewicht der Frösche = 262 Gr.
Temperatur der Frösche = 18°,1 C.
Temperatur des Apparates = 18°,3 C.
Dauer des Versuchs 10. St. 37 Min.
Sauerstoffverbrauch pro Kilo Thier und Stunde = 74,94 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro Kilo Thier und Stunde = 71,70 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 0,96.

Die Frösche leben noch am Ende des Versuchs.

Versuch VIII am 6. Juni mit 7 bluthaltigen frischgefangenen Fröschen angestellt.

Bei diesem Versuche leben die Thiere in atmosphärischer Luft.

Gewicht der Frösche = 283 Gr.
Temperatur der Frösche = 17°,7 C.
Temperatur der Wanne 17°,7 C.
Dauer des Versuchs 8 St. 16½ Min.
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde Zeit = 50,46 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde Zeit = 47,98 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 0,95.

Versuch IX am 7. Juni mit Salzfröschen angestellt. Die Salzfrösche

werden hergestellt aus 4 zum Versuch VIII benutzten Fröschen und 1 neu hinzugenommenen. Nachdem die Frösche in den Apparat eingeschlossen waren, wurden, wie bei Versuch VII, 4 Liter Sauerstoff von dem einen Aspirator aus in den Apparat hineingeblasen und die Respirationsluft dadurch sauerstoffreicher gemacht.

Gewicht der Frösche = 248,5 Gr.
Temperatur der Frösche = 17°,3 C.
Temperatur des Apparates = 17°,2 C.
Dauer des Versuchs 7 St. 9 Min.
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde Zeit = 51,90 Ccm.
Kohlensäureabgabe pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde Zeit = 56,06 Ccm.
Respiratorischer Quotient = 1,08.

Weitere Versuche mit Salzfröschen waren wegen der eintretenden hohen Temperatur nicht möglich. Wir konnten bei 22° C. keine lebensfähigen Salzfrösche mehr darstellen. Sobald durch die Kochsalzlösung das Blut aus dem Körper entfernt war, wurde ihre Muskulatur hart, todtenstarr.

Zur Erleichterung eines Vergleichs des Stoffwechsels gesunder Frösche mit dem von Salzfröschen stellen wir alle Versuche in einer Tabelle zusammen.

Nummer des Versuchs	Beschaffenheit der zum Versuch benutzten Frösche	Temperatur der Frösche	Sauerstoffverbrauch während des Versuchs	Kohlensäureabgabe während des Versuchs	Respiratorischer Quotient d. i. das Verhältniss des in der abgegebenen Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffs zum verbrauchten Sauerst.	
			für 1 Kilogramm Thier und 1 St. Zeit berechnet und auf 0°C. und 0,76 Mtr. Quecksilberdruck reducirt			
I	bluthaltige Frösche	12°,9	29,41 Ccm.	21,20 Ccm.	0,7	Der Apparat wird nicht anhaltend ventilirt. In der Nacht ist 7 Stunden die Ventilation ausgesetzt.
II	entblutete Frösche (Salzfrösche)	13°,7	29,60 Ccm.	24,87 Ccm.	0,84	
III	Salzfrösche	14°,0	23,30 Ccm.	22,60 Ccm.	0,97	
IV	Salzfrösche	13°,8	24,91 Ccm.	24,68 Ccm.	0,99	
V	bluthaltige Frösche	13°,9	28,91 Ccm.	28,86 Ccm.	0,09	
VI	Salzfrösche	14°,5	25,89 Ccm.	27,78 Ccm.	1,11	
VII	Salzfrösche	18°,1	74,94 Ccm.	71,70 Ccm.	0,96	Der Apparat wird o. Unterbr. ventilirt.
VIII	bluthaltige Frösche	17°,7	50,46 Ccm.	47,98 Ccm.	0,95	
IX	Salzfrösche	17°,3	51,90 Ccm.	56,06 Ccm.	1,08	

Vergleichen wir den Stoffwechsel bluthaltiger Frösche mit dem entbluteter, so zeigt sich keine wesentliche Verschiedenheit in der Grösse des Verbrauchs. Ganz gleiche Zahlen waren von vorn herein nicht zu erwarten, da auch bei Regnault's Versuchen an Fröschen grosse Schwankungen im Sauerstoffverbrauch und in der Kohlensäureabgabe stattfinden, deren Ursache nicht nachzuweisen war. Die Ungleichheit im Verbrauch ist bei unsern Versuchen aber nicht derart, dass die an Salzfröschen angestellten Versuche einen kleinern Werth aufweisen. Die Grösse des Gaswechsels bei Salzfröschen blieb in einigen Versuchen etwas hinter dem Werth des Stoffwechsels bluthaltiger Frösche zurück, bald übersteigt sie denselben aber nicht unbedeutend. Vergleichen wir zuerst die Versuche I bis VI miteinander, die alle in ähnlicher Weise und bei wenig verschiedener Temperatur angestellt sind. Die an Salzfröschen angestellten Versuche II, III, IV und VI zeigen eine Intensität des Stoffwechsels, die hinter der Höhe desselben bei bluthaltigen Fröschen (Versuch I und V) kaum zurückbleibt. Es geben alle unsere Salzfrösche mehr Kohlensäure ab, als die in Versuch I beobachteten hungernden bluthaltigen Frösche. Versuch V, an frischen bluthaltigen Fröschen angestellt, wird im Sauerstoffverbrauch von den Salzfröschen des Versuchs II übertroffen, in der Kohlensäureabgabe von Versuch VI beinah erreicht. Den günstigen Einfluss eines nur kurze Zeit dauernden Versuchs mit Salzfröschen auf die Grösse des Stoffwechsels zeigt Versuch II. Derselbe dauert nur 8½ Stunde und gibt höhere Werthe als der unter denselben Verhältnissen angestellte Versuch III mit 21 Stunden Dauer. Die Salzfrösche sterben nach 2 bis 3 Tagen. Dauert der Versuch zu lange, so tritt Erschlaffung ein und der Stoffwechsel sinkt natürlich. Aber trotz der Dauer von 20 bis 24 Stunden entfernt sich der Gaswechsel der Salzfrösche in Versuch III, IV und VI kaum von dem bluthaltiger Frösche (Versuch I und V).

Versuche VII, VIII und IX wurden schon nach 8 bis 9 Stunden beendet. Das Resultat derselben ist ein schlagendes. Die an Salzfröschen angestellten Versuche VII und IX ergeben nicht nur einen höhern Sauerstoffverbrauch, sondern auch eine höhere Kohlensäureabgabe, als der bei fast derselben Temperatur an bluthaltigen Fröschen angestellte Versuch VIII. Zu Versuch IX sind dieselben Frösche benutzt, deren Stoffwechsel bei Anwesenheit des Blutes im Versuch VIII schon bestimmt war. Es ist hier der

Stoffwechsel nach Entfernung des Blutes sogar etwas gestiegen. Aus unsern Versuchen muss mit Nothwendigkeit der Schluss gezogen werden, dass nach Entfernung des Blutes aus dem Froschkörper sein Stoffwechsel eine Zeit lang in derselben Grösse fortbesteht. Die im Blute des lebendigen Organismus ablaufenden Oxydationsprocesse sind demnach, verglichen mit dem Gesammtstoffwechsel, so klein, dass die Entblutung keine nachweisbare Erniedrigung des Stoffwechsels zur Folge hat. Die Oxydationsprocesse des Frosches erleiden durch die Entblutung keine Veränderung, denn der blutleere Frosch hat denselben Stoffwechsel wie der bluthaltige. Der Ort der Oxydationsprocesse sind demnach die Gewebe, nicht das Blut.

Diese durch Pflüger bewiesene Thatsache erhält durch unsere Versuche eine neue und zugleich so überzeugende Bestätigung, dass auch keine spitzfindige Betrachtung dem Blute eine wesentliche aktive Betheiligung zuschreiben kann. Denn wenn dasselbe entfernt wird ohne Aenderung des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäurebildung, so ist damit seine Indifferenz bei diesen Vorgängen bewiesen.

Dass die Kochsalzlösung auf die Dauer das Blut nicht zu ersetzen vermag, ist selbstverständlich. Die Salzfrösche starben nach 1 bis 3 Tagen. Aber in den ersten 10 bis 20 Stunden ihrer salzigen Metamorphose lebten sie mit unveränderter Intensität ihrer Oxydationsprocesse. Der Mangel an Ernährungsmaterial kann ihren baldigeren Tod nicht herbeigeführt haben, denn der hungernde Frosch lebt $1/2$ bis 1 Jahr auf Kosten seines Körpers. Der Tod ist wahrscheinlich durch die veränderten Druck- und Mischungsverhältnisse im Körper des Thieres bedingt. Das Blut, eine Lösung von organischen und anorganischen Substanzen darstellend, ist beim Salzfrosch ersetzt durch eine Chlornatriumlösung. So lange das Blut den Thierkörper durchkreiste, durchtränkten seine Salze die Gewebe. Mit der Entfernung des Blutes wurden den Geweben ihre Salze theilweise genommen und nur Kochsalz blieb in der früheren Concentration zurück. Wir sind aber wol berechtigt, den andern anorganischen Salzen des Blutes und der Gewebe auch einen wichtigen Einfluss auf die Erhaltung des Lebens zuzuertheilen. Es ist die Lebenszähigkeit der Organe zu bewundern, die trotz der gewaltigen Veränderungen noch eine Zeit

lang normal funktioniren. Der Hungerfrosch, welcher bei erhaltener Blutmischung nur der Nahrung entbehrt, lebt länger als der Salzfrosch, weil seine Gewebe nicht unter sie aktiv beschädigende Verhältnisse gesetzt werden, dieselben vielmehr ungehindert arbeiten können, bis ihnen das Material ausgeht.

In unsern Versuchen ist fast sämmtlicher durch die Respiration verbrauchter Sauerstoff in der ausgeathmeten Kohlensäure wiedererschienen, d. i. unser respiratorischer Quotient ist sehr hoch. Im Versuch VI und IX übersteigt er sogar die Zahl 1. Diese beiden Versuche sind aber an Salzfröschen angestellt, bei denen die Sauerstoffaufnahme ja immerhin schwierig ist, weil der Sauerstoffträger, das Hämoglobin fehlt. Der im Verhältniss zu Kohlensäureabgabe auffallend geringe Sauerstoffverbrauch kann daher nicht als der normale Verbrauch angesehen werden, die Thiere gebrauchten nicht die genügende Sauerstoffmenge, weil sie denselben nicht in ausreichender Quantität zugeführt bekamen. Auffallend bleibt es aber, dass in den an bluthaltigen Fröschen angestellten Versuchen V u. VIII der Quotient $\frac{\text{Kohlensäure}}{\text{Sauerstoff}}$ auch die Höhe von 0,95 und 0,99 erreicht, während Regnault's bei Fröschen gefundener respiratorischer Quotient zwischen 0,7 und 0,8 schwankt. Bemerkenswerth ist, dass, als wir, wie Regnault, hungernde Frösche zum Versuch benutzten, der Quotient auch = 0,7 wurde. Aus den Abweichungen des von uns gefundenen Quotienten dürfen vorläufig aber keine Schlüsse gezogen werden, weil die absoluten Werthe unserer Versuche nicht sehr gross sind, so dass ein Fehler derselben von einigen Cubikcentimetern den Quotienten schon merklich verändert. Die Kohlensäurewerthe sind bis auf Bruchtheile eines Cubikcentimeters genau, für die Sauerstoffwerthe war ein Fehler von in maximo 5 bis 6 Ccm. möglich, da das etwa 5000 Ccm. grosse Volumen unseres Apparates durch Temperatur- und Barometerschwankung sich änderte und die hierfür am direkt beobachteten Sauerstoffverbrauch anzubringenden Correkturen eine kleine Ungenauigkeit nicht vermeiden liessen. Der Werth unserer Versuche wird durch diese geringe Ungenauigkeit nicht im geringsten geschwächt.

Unsere Versuche thun dar, dass ohne Anwesenheit des Hämoglobins der Stoffwechsel mit derselben Intensität weiter geht. Die Unabhängigkeit der Lebensprocesse vom Hämoglobin kann nicht

treffender nachgewiesen werden, als durch den Nachweis ihres unveränderten Fortbestehens bei Abwesenheit desselben.

Das Resultat unserer Versuche lässt sich aus Voit's Theorie über die Art des Stoffwechsel nicht leicht erklären. Voit behauptet, dass die sich oxydirenden Eiweissstoffe im Blute circuliren und bei der Filtration durch die Gewebe zersetzt werden (circulirendes oder Vorrathseiweiss) während der kleinere Theil für die Oxydationen durch das Eiweiss der Organe geliefert wird. Beim gefütterten Thier fänden beide Arten von Eiweisszersetzung statt, beim hungernden sei das circulirende Eiweiss verschwunden und es werde nur Organeiweiss oxydirt, wesshalb im Hungerzustand der Stoffwechsel sehr viel geringer sei. In unsern Versuchen wäre unter Zugrundelegung der Voit'schen Hypothese über die Art der Eiweisszersetzung ein starkes Sinken der Oxydationsvorgänge des Salzfrosches zu erwarten. Denn wenn wirklich ein sehr grosser Theil des der Verbrennung anheimfallenden Eiweisses im Blute circulirt, so wird er durch Austreiben des Blutes auch aus dem Körper entfernt. Der Nachweis, dass nach so ungeheuerer Verminderung des circulirenden Eiweisses der Stoffwechsel seine bisherige Höhe behält, zwingt uns, den überwiegend grössten Theil wo nicht die gesammten der normalen Oxydation verfallenden Substanzen anzusehen als fest gebunden an die Gewebe. Die Voit'sche Hypothese verlangt, um trotzdem vertheidigt zu werden, die weitere ad hoc gemachte Annahme, dass bei den Salzfröschen sofort grade soviel Organeiweiss in circulirendes verwandelt worden ist, als von letzterem durch die Entblutung und Ausspritzung verloren ging. Da für die Annahme des circulirenden Eiweisses überhaupt kein Grund vorhanden ist, und die Thatsachen, welche Voit dazu bestimmten, naturgemässer in anderer Weise erklärt werden können, so entbehrt jene Hülfshypothese meines Erachtens jeder Berechtigung.

Die Lebensdauer entbluteter Frösche hängt, wie wir sahen, von ihrem Ernährungszustande ab. Hungerfrösche konnten die Blutleere nicht überstehen, die frisch gefangenen lebten nach der Entblutung noch Tage lang. Die Vortheile einer guten Ernährung bestehen also nicht nur in der Anwesenheit von viel Ernährungsmaterial im Blute, sondern auch in der bessern Entwicklung der Gewebe. Ein Theil der durch den Stoffwechsel nicht verbrauchten Nährsubstanzen wird in lebendes Gewebe umgewandelt und kann

in Zeiten der Noth zum Fortsetzen der Lebensprocesse benutzt werden.

Dem Herrn Geheimrath Pflüger, nach dessen Angaben ich diese Untersuchung ausführte, spreche ich meinen Dank aus für die Unterstützung bei derselben.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Zur Kenntniss der Oxydation der Fette.

Von

Dr. **Hugo Schulz.**

Dass der thierische Organismus die Fette zur Verbrennung bringt, ist unzweifelhaft, völlig unbekannt aber die Bedingung dieser Oxydation, welche sich bei scheinbar niederer Temperatur in dem Leibe der Warm- und Kaltblüter vollzieht.

Es ist allerdings eine Thatsache, dass die verschiedenen Fettarten, der Luft ausgesetzt, bald in kürzerer, bald in längerer Zeit eine Veränderung eingehen, die man mit „Ranzigwerden des Fetts" bezeichnet, und die sich durch veränderten Geschmack und Geruch des betreffenden Fettes kennzeichnet. Dieser Vorgang besteht bekanntlich in einer Spaltung der Fette mit gleichzeitiger Oxydation derselben.

Es kommt nun darauf an, näher zu untersuchen, ob diese Veränderung des Fettes bloss durch Sauerstoffaufnahme bedingt ist, oder ob zu derselben noch andere Körper nothwendig sind, um den Oxydationsprocess einzuleiten und zu unterhalten.

Allerdings spricht schon Gerhardt in seinem Lehrbuche der organischen Chemie die Ansicht aus, dass die fetten Körper im Allgemeinen desto weniger leicht ranzig werden, je weniger sie durch Beimengung fremder Substanzen verunreinigt sind. Die fremden Körper sollen sich, nach Gerhardt's Ansicht, an der

Luft zersetzt, wie Fermente verhalten und eine kleine Menge Fettsubstanz, mit der sie in Berührung kommen, umwandeln; „ein Theil der Glyceride, aus denen das fette Oel besteht, zersetzt sich sodann, wobei Mangarinsäure und Oelsäure frei werden, während zugleich eine oder mehrere flüchtige und riechende Säuren (Buttersäure, Valeriansäure, Capronsäure etc.), wahrscheinlich durch Oxydation vermittelst des Sauerstoffs der Luft sich bilden".

Ich stellte, um über diese Verhältnisse genaueren Aufschluss zu erhalten, einer an mich ergangenen Aufforderung des Herrn Geheimrath Professor Dr. Pflüger Folge leistend, einige Versuche über die Oxydation der Fette an, deren Resultate diese Abhandlung zu bringen bestimmt ist. Es sollte, falls bei Ausschluss von Fermenten die Oxydation zu Kohlensäure durch den atmosphärischen Sauerstoff nicht eintritt, besonders die Temperatur bestimmt werden, bei welcher die Fette zu verbrennen anfangen, da Pflüger gezeigt hat, dass die Annahme höherer Temperaturen im thierischen Organismus nicht principiell unzulässig ist und vielleicht bei den chemischen Processen des Protoplasmas eine wichtige Rolle spielt.

Meine Untersuchungen beziehen sich wesentlich auf die Glyceride der Stearin-, Palmitin- und Oelsäure.

Der Apparat, dessen ich mich zur Anstellung meiner Versuche bediente, hatte folgende Beschaffenheit. Ein Uförmig gebogenes Rohr, das unten an beiden Schenkeln etwas eingeschnürt war und zur Aufnahme der zum Versuch zu benutzenden Substanz dienen sollte, tauchte in ein Glycerinbad. Beide Schenkel des Rohrs standen in Verbindung mit je einer Aetzbarytvorlage. Die eine der letzteren kommunizirte dann ferner mit einem Aspirator, die andere mit einer Liebig'schen Kalivorlage, und diese wiederum mit einer langen, mit ausgekochter und längere Zeit bei 110° C. getrockneter Baumwollenwatte gefüllten Glasröhre. Diese Röhre hatte den Zweck, die durch den ganzen Apparat zu leitende Luft durch Filtration möglichst von allen geformten fremden Bestandtheilen zu befreien, die etwa als Fermente hätten wirken können, während die Kalivorlage zur Absorption der in der Luft enthaltenen Kohlensäure dienen sollte. Um die Kalivorlage zu kontroliren musste die Luft, um zum Fett selbst gelangen zu können, durch eine koncentrirte Lösung von Aetzbaryt streichen, die durch Ausscheiden von kohlensaurem Baryt eventuell das Zeichen zur sofortigen Ausschaltung der neutralisirten Kalilauge geben sollte.

In das U-Rohr wurde zu Beginn jeden Versuches reine, weisse ausgekochte Wolle gebracht; die Einschnürung beider Schenkel verhinderte, dass die Wolle nach unten sank, so dass also während des ganzen Versuchs beide Röhrenschenkel bis nahe zur Mündung mit Wolle gefüllt waren. Das Einbringen der Wolle hatte den Zweck, dem zu untersuchenden Fett, welches in flüssigem Zustande in das Rohr gebracht wurde, eine möglichst grosse Oberfläche zu geben, so dass es möglichst allseitig mit der durchstreichenden Luft in Berührung treten konnte. Die zwischen dem U-Rohr und dem Aspirator befindliche Barytvorlage sollte die eventuell gebildete Kohlensäure zurückhalten und durch das Eintreten einer Bildung von Baryumkarbonat anzeigen. Der Gang der einzelnen Versuche war nun folgender.

Nachdem die Vorlagen und der Aspirator gefüllt und durch Klemmen von jeder Kommunikation mit der äusseren Luft abgeschlossen waren, wurde ein Quantum frisches Rindsfett, das einem entweder am selben oder am Tage vorher geschlachteten Thiere gehört hatte, auf dem Wasserbade ausgeschmolzen, dann durch ein völlig reines Leintuch kolirt und in die U-Röhre eingefüllt, wobei es sich dann in die Poren der Wolle einsog. Dann wurde das Rohr luftdicht verschlossen und zwar, da wegen etwa anzuwendender hoher Temperatur ein Lackverschluss unthunlich erschien, die Gummistopfen, nachdem sie möglichst tief eingedrückt waren, mit einem Gemisch von gepulvertem Aetzkalk und dicker Lösung von arabischem Gummi überzogen. Diese Mischung erhärtete ziemlich schnell und zeigt bei nicht allzu hoher Temperatur keine Sprünge. Zur Bestimmung der Temperatur hing ein Thermometer in dem Bade zwischen beiden Röhrenschenkeln, da es sich im Rohre selbst nicht wohl anbringen liess, und ich annehmen zu dürfen glaubte, dass die Temperaturdifferenz zwischen dem Inhalt des Rohrs und dem dasselbe umgebenden Medium jedenfalls nur eine geringe sein werde.

Es galt nun zuerst, das eingefüllte Fett von etwa in ihm enthaltenen organischen Fermenten zu befreien. Zu diesem Zweck wurde die Temperatur langsam steigend bis auf + 111° C. gebracht, während fortwährend Luft langsam durch den Apparat strich. Die grössere oder geringere Geschwindigkeit der durchziehenden Luft wurde durch die Stellung des am Aspirator befindlichen Ausflusshahns regulirt. An der zwischen dem U-Rohr

und dem Aspirator befindlichen Barytvorlage befand sich eine Nebenschliessung, die es erlaubte, ohne weiteres die Vorlage aus- und einzuschalten, so dass letztere während der Desinfektion gänzlich ausser Thätigkeit gesetzt werden konnte. Hatte das Bad die Temperatur von + 110° C. einige Zeit hindurch behauptet, so liess ich dieselbe wieder bis zur Zimmertemperatur sinken, was immerhin stark drei Stunden in Anspruch nahm und während dessen die Luft unausgesetzt den ganzen Apparat langsam durchzog. Bei meinen ersten Versuchen hatte ich, um die Desinfektion noch gründlicher machen zu können, die Wolle angefeuchtet in das Rohr gebracht, ich beabsichtigte dabei den Wasserdampf mit zur Tödtung alles organischen Lebens zu benutzen. Da das Einführen feuchter Wolle indess einige Missstände mit sich brachte, so leitete ich lieber, nach Ausschluss der Kalivorlage, direkt den Dampf vorher längere Zeit ausgekochten destillirten Wassers durch das mit seinem Inhalt auf + 110° C. erhitzte Rohr. Dieses Verfahren zog aber den Uebelstand nach sich, dass später, während des eigentlichen Versuchs, sobald höhere Temperaturen zur Anwendung kamen, durch das von Fett eingeschlossene Wasser, welches sich vorher bei der Abkühlung des Apparats im Grunde des U-Rohrs angesammelt hatte, Explosionen bedingt wurden, die einigemale Fetttheilchen bis in die Vorlagen schleuderten und so den Gang des Versuchs zu unterbrechen zwangen.

Nachdem also die Temperatur des Glycerinbades wieder bis auf die des Zimmers, in dem sich der Apparat befand, herunter gegangen war, wurde die Barytvorlage, die vorher abgeklemmt gewesen war, eingeschaltet und das Bad mehrere Stunden lang auf einer Temperaturhöhe von + 40° C. erhalten. Das Resultat war in Bezug auf Kohlensäureproduktion ein negatives. Dann liess ich die Temperatur langsam und allmählich steigen und erhielt in der Barytvorlage bei + 116° die erste Andeutung einer leichten Trübung, die langsam, mit steigender Temperatur sich vermehrend, bei + 129,°5 gleichmässig lichtweiss gefärbte Blasen zeigte, bis bei + 132,°5 die ganze Vorlage mit kleinsten, weissen, schwimmenden Partikelchen durchsetzt war und bei + 137,°5 dicke, intensiv weisse Blasen in der Flüssigkeit der Vorlage aufstiegen.

Ebenso wie das Stearin und Palmitin enthaltende Rindsfett erst bei einer Temperatur über + 100° zur Oxydation gelangte,

liess sich auch Olivenöl und ebenso Mandelöl bis auf + 100° erhitzen ohne eine Spur von Kohlensäure abzugeben.

Ich stellte mir nun die Frage, ob für den Fall, dass die durchströmende Luft rein aus Sauerstoff bestände, die Oxydation vielleicht früher eintreten würde. Zu diesem Behuf drückte ich aus einem mit Sauerstoff gefüllten Gasometer durch langsames Einlaufenlassen von Wasser in denselben, den Sauerstoff durch den ganzen Apparat hindurch. Die zur Untersuchung benutzte Substanz war wiederum rein ausgelassenes Rindsfett. Der Versuch hatte ein negatives Resultat, d. h. die Oxydationserscheinungen traten erst bei denselben Temperaturgraden auf wie bei dem Durchsaugen reiner, atmosphärischer Luft.

Vielleicht aber wirkte der Sauerstoff auf das Fett leichter ein, wenn seine Spannung eine stark herabgesetzte war und etwa derjenigen entsprach, die der Sauerstoff im arteriellen Blute besitzt. Einen einigermassen triftigen Grund zu dieser Annahme glaubte ich in dem Umstande zu besitzen, dass der Beweis geliefert ist, wie Sauerstoff bei vermehrtem Partiardruck weniger energisch auf gewisse Körper einwirke, so z. B. auf den Phosphor. Dieser oxydirt sich in einer, ganz aus Sauerstoff bestehenden Atmosphäre bekanntlich nicht; jedoch treten sofort die Dämpfe von phosphoriger Säure auf, sobald die Spannung des den Phosphor umgebenden Sauerstoffs hinreichend herabsetzt wird. Dass ich ferner grade nahezu die Tension wählte, die der Sauerstoff im arteriellen Blute hat, beruhte darauf, dass ich versuchen wollte, das zu oxydirende Fett dem Sauerstoff gegenüber in die denkbar aggressibelste Lage zu versetzen, analog der, die es im Blute dem Sauerstoff gegenüber einnimmt.

Ich bereitete mir also ein Gasgemenge aus Stickstoff, den ich mir durch Ueberleiten atmosphärischer Luft über glühende Kupferspähne darstellte und Sauerstoff, und bestimmte dann nach Bunsen's Methode den Sauerstoffgehalt des Gemenges zu 4%, also annähernd von gleichem Werthe mit der Tension, wie sie Wolffberg seiner Zeit für das arterielle Blut gefunden und bekannt gemacht hat. Ich leitete vier Stunden lang das eben erwähnte Gasgemisch durch den Apparat, indem ich die Temperatur constant zwischen 39° und 40° erhielt. Aber auch diesesmal war der Schlusseffekt in Bezug auf Kohlensäureproduktion ein negativer. Erst als ich nach Ablauf der vier Stunden die Temperatur des Glycerin-

bades steigerte und bis auf + 114° C. gelangt war, zeigten sich in der Vorlage die ersten Spuren entstehenden Baryumkarbonats.

Aus allen diesen Versuchen geht nun, meiner Meinung nach, mit Entschiedenheit hervor, dass bei gewöhnlicher Temperatur der Sauerstoff der Luft allein die Oxydation eines Fettes in's Werk zu setzen sich unfähig erweist, selbst wenn es im Zustand sehr feiner Vertheilung ist. Er bedarf vielmehr dazu noch der unterstützenden Gegenwart eines, oder vielleicht auch mehrerer Fermente, die mit dem Sauerstoff vereint entweder durch ihre eigene Zersetzung auf das Fett einwirken oder durch ihre blosse Anwesenheit dem Sauerstoff als solchem die Möglichkeit gewähren, das Fett zu oxydiren.

Um darüber klar zu werden, ob vielleicht auch kleinste lebende Organismen beim Ranzigwerden des Fettes sich thätig beweisen, stellte ich zwei Kölbchen mit Oel bei Seite, von denen das eine offen, das andere sorgfältig verschlossen war; das Oel war vorher längere Zeit hindurch in den Kölbchen selbst auf + 100° C. erhitzt worden, um alles etwa in demselben vorhandene Leben zu zerstören. Nach Ablauf von sieben Monaten nahm ich beide Oelproben aus dem Raume, in dem sie sich befunden hatten und untersuchte sie näher. Beiläufig will ich erwähnen, dass der Aufbewahrungsort des Oels ein Raum war, in dem ausser altem Stroh und sonstigem, bei Seite gesetztem Material sich noch ein Kaninchenstall befand, also Gelegenheit genug zur Bildung und Entwicklung thierischer und pflanzlicher Fermentarten gegeben war. Ich prüfte nun beide Oele zuerst mit Lakmuspapier; dasjenige, welches unverschlossen gestanden hatte, gab deutlich saure Reaktion, war also ranzig geworden; das hingegen, welches von der äussern Luft abgeschlossen gehalten war, liess blaues Lackmuspapier unverändert. Ich brachte sodann eine Probe des sauer reagierenden Oels unter das Mikroskop, es gelang mir aber nicht, selbst nicht bei Anwendung des System F von Zeiss irgend etwas zu entdecken, was ich für geformtes Fermentmaterial hätte ansprechen können. Mehrmals wiederholte mikroskopische Untersuchung führte zu keinem besseren Resultate.

Dass aber, obwohl ein direkter mikroskopischer Nachweis unmöglich ist, Fermente beim Ranzigwerden des Fetts eine grosse Rolle spielen müssen, ist trotzdem wohl nicht zu bezweifeln.

Schliesslich will ich noch anführen, dass bei einer Temperatur

von + 150° C. der Oxydationsvorgang des Rindsfettes ein so energischer ist, dass bei demselben eine deutlich wahrnehmbare Lichterscheinung auftritt. Zum Zwecke der Ausführung eines, diesen Gegenstand betreffenden Versuches, füllte ich frisch ausgelassenes Rindsfett in eine Retorte, die ich in einem dunkeln Zimmer über der Bunsen-schen Gaslampe erhitzte. Die an sich schon wenig leuchtende Flamme wurde noch möglichst durch um- und übergesetzte, geschwärzte Eisenblechplatten abgeblendet. Durch den Tubulus der Retorte ging ein Thermometer, dessen Quecksilberkugel in das Fett eintauchte. Herr Dr. Finkler hatte die Güte, diesen Versuch mit mir gemeinsam anzustellen, was insofern nicht unwichtig für mich war, als mir dadurch eine Kontrole der von mir gemachten Wahrnehmungen geboten wurde. Als wir das Erhitzen der Retorte eine zeitlang fortgesetzt hatten, nahmen wir Beide einen deutlich bläulichweissen Schimmer in der Retorte wahr. Sofort wurde die Gasflamme ausgelöscht und in der absoluten Dunkelheit, in der wir uns hierauf befanden, konnten wir Beide ein deutliches Leuchten des Fettes konstatiren. Das Licht hatte einen leicht bläulichen Schein. In dem Augenblick, als das Leuchten für unsere Augen anfing undeutlich zu werden, wurde das Zimmer erhellt und auf dem in der Retorte befindlichen Thermometer die Zahl + 152° abgelesen. Eine genauere Grenze anzugeben, bei welcher Temperatur das Leuchten beginnt, resp. wieder aufhört, ist natürlicherweise unmöglich, da es von Einfluss ist, welchen Grad von Lichtempfindlichkeit das Auge des jedesmaligen Beobachters besitzt.

Diese Bestimmungen stimmen ungefähr mit den für den Beginn des Leuchtens von Placidus Heinrich aufgestellten Temperaturen überein. Diese sind annähernd diejenigen, bei denen ohne weitere Beihülfe als die Wärme der atmosphärische Sauerstoff die mit Kohlensäurebildung verbundene Verbrennung der thierischen Fette veranlasst.

Durch äussere Umstände bin ich leider verhindert gewesen, die Aufgabe weiter zu fördern, vor Allem festzustellen, ob bei den Temperaturen, welche die Kohlensäurebildung noch nicht ermöglichen, überhaupt gar keine Oxydation, beziehungsweise Spaltung der Fette stattfindet.

(Aus dem physiologischen Institut zu Freiburg i. Br.)

Ueber die Ursachen der respiratorischen Blutdruckschwankungen im Aortensystem.

Von

O. Funke und **J. Latschenberger.**

(Hierzu Tafel IV.)

Trotz zahlreicher eingehender Untersuchungen ist die Physiologie bis jetzt noch nicht zu einer unanfechtbaren, auf alle thatsächliche Verhältnisse passenden Erklärung der mit den alternirenden Phasen der Athmung synchronischen periodischen Schwankungen des Blutdrucks im Gefässgebiet der Aorta gelangt. Selbst die wichtigste und nächstliegende Unterlage einer solchen Erklärung, die genaue Feststellung der zeitlichen Beziehungen der Athmungs- und Blutdruckcurve auf einander, ist noch nicht für alle Verhältnisse, insbesondere für alle Variationen der Mechanik der Athmung, mit befriedigender Uebereinstimmung gewonnen. Allerdings haben sich wohl fast alle neueren Beobachter aus eigener Anschauung von der Richtigkeit des von Einbrodt[1]) gegen Ludwigs ursprünglich allgemein adoptirte Lehre vom inspiratorischen Sinken und exspiratorischen Steigen des Blutdrucks experimentell begründeten Satzes, dass im Allgemeinen die Inspiration von einer Erhöhung, die Exspiration von einer Erniedrigung des Blutdrucks begleitet wird, überzeugt. Aber, abgesehen davon, dass Einige, wie Marey unter bestimmten Umständen sogar eine Umkehr des eben bezeichneten Verhaltens statuiren, finden sich zum Theil unaufgeklärte, zum Theil von bekannten Verschiedenheiten der Versuchsbedingungen abhängige Verschiedenheiten in den Angaben

1) Einbrodt, Sitzungsber. d. Wien. Ak. Mat.-nat. Cl. Bd. XL. 1860.

der Experimentatoren über die Form der respiratorischen Blutdruckwellen und deren genaue zeitliche Beziehung auf die Athemcurve. Während Einbrodt bei ruhiger natürlicher Athmung im Anfang der Inspiration ein Sinken des Blutdrucks beobachtete und das Steigen erst im Verlauf der Inspiration eintreten, den Gipfel der Curve aber mit dem Anfang der Exspiration zusammentreffen sah, gibt z. B. Sanderson[1]) an, dass unter gleichen Verhältnissen unmittelbar mit dem Beginn der Inspiration der Druck zu steigen beginne, und während der Exspiration zu steigen fortfahre, um sein Maximum am Ende der letzteren zu erreichen, das Absinken des Blutdrucks dagegen während der Respirationspause eintrete. Dass auch für die künstliche Respiration keine allgemein gültige Norm festgestellt ist, ist bekannt, ebenso, dass sowohl die Form der respiratorischen Blutdruckwellen als ihre zeitlichen Verhältnisse zu den Phasen der Ventilation sich erheblich mit Zahl, Tiefe und Rhythmus der Einblasungen und anderweitigen Momenten ändern, wie besonders die Untersuchungen von Traube gelehrt haben.

Wir können unbeschadet des Zweckes unserer Auseinandersetzungen von einer speciellen Registrirung und kritischen Analyse aller dieser Differenzen absehen, um so mehr, als wir unten, wo es sich um die Anpassung unserer Theorie an das thatsächliche Verhalten handelt, verschiedene Modificationen desselben, welche von uns oder Anderen unter bestimmten Bedingungen beobachtet worden sind, ins Auge fassen müssen.

Ebenso dürfen wir auf eine eingehende Besprechung und Kritik der hinreichend bekannten und vielfach discutirten Theorien über die Ursachen der in Rede stehenden respiratorischen Blutdruckschwankungen verzichten[2]). Wir beschränken uns darauf, die Grundprincipien, auf welchen dieselben ruhen, soweit in kurzer Skizze vorzuführen, als nöthig ist, um zu zeigen, dass sie nicht zur Erklärung aller thatsächlichen Verhältnisse ausreichen, oder mit einzelnen sogar in unlöslichem Widerspruch stehen, und

1) Sanderson, Philos. Transact. 1867, pg. 571.

2) Eine sehr ausführliche historische Darstellung und eingehende — wenn auch unseres Erachtens nicht durchweg richtige — Kritik dieser Theorien gibt C. H. Kuhn in seiner Dissertation: over de respiratie-schommelingen d. slagaderl-bloeds-drukking, Amsterdam 1875.

somit die Berechtigung der Einführung eines neuen, bisher in diesem Sinne wenig oder gar nicht beachteten Erklärungsmoments, welches auf alle Fälle passt, zu begründen.

Wir engen selbstverständlich unsere Betrachtung auf die eigentlichen mit den künstlichen oder natürlichen Aenderungen des Lungenvolumens synchronischen Druckschwankungen ein und sehen ganz von der Berücksichtigung der von ersteren in hohem Grade unabhängigen sogenannten „Traube'schen Wellen“ ab, als deren nächste Ursachen wohl unzweifelhaft periodische Gefässkrämpfe erwiesen sind.

Seit den klaren epochemachenden Aufschlüssen, welche Donders über die Druckverhältnisse im Thorax, deren Aenderungen mit den Phasen der Athmung und deren Einwirkung auf den im Thorax luftdicht eingeschlossenen Theil des Circulationsapparates gegeben hat, haben sich lange Zeit die auf diese Momente begründeten mechanischen Theorien in unbestrittener Geltung erhalten. Am allgemeinsten eingebürgert war die aus sorgfältigen, von Ludwig angeregten Experimentalstudien abgeleitete Form der mechanischen Erklärung, welche Einbrodt für das Verhalten des Blutdrucks bei der natürlichen Respiration aufgestellt hat. Bekanntlich ist Einbrodt von der Untersuchung des Einflusses eines künstlich erhöhten positiven oder negativen Respirationsdruckes auf Blutdruck und Herzthätigkeit ausgegangen, indem er die durch künstlichen + RD herbeigeführten Verhältnisse im Wesentlichen mit den bei der natürlichen Ausathmung stattfindenden und die durch künstlichen — RD herbeigeführten mit den natürlichen Inspirationsverhältnissen identificirt. Kurz recapitulirt, lautet die Einbrodt'sche Erklärung folgendermassen. Im Anfang der Inspiration wirkt zunächst die durch die Ausdehnung der Lungen bedingte Verminderung der auf dem Herz und den im Brustkorbe liegenden Gefässstämmen ruhenden Spannung druckerniedrigend durch die vermehrte Ausdehnung der letzteren und die vermehrte Ansaugung des Bluts nach der Brusthöhle. Im Verlauf der Inspiration wird jedoch dieser erniedrigende Einfluss überboten durch die aus derselben gesteigerten Saugwirkung der Lungen resultirende stärkere Füllung des Herzens, welches grössere Blutquantitäten bei jeder Systole in den Anfang der Aorta einpresst und so ein Steigen des Blutdrucks erzeugt. Im Anfang der Exspiration setzt sich dieses Steigen noch fort, weil sich die noch bestehende erst allmälich

sich ausgleichende Blutüberfüllung des Herzens zu der mit der abnehmenden Ausdehnung der Lungen eintretenden Begünstigung des Blutabflusses aus der Brust addirt. Im Verlauf der Exspiration dagegen sinkt der Druck, weil die gesunkene Saugwirkung der Lunge die Füllung des Herzens aus den Venen bei fortdauernder Erleichterung des Abflusses aus dem Herzen und Arterien beeinträchtigt. Ausserdem weist Einbrodt bekanntlich in den mit den Athembewegungen verbundenen factischen Veränderungen der Schlagfolge des Herzens, in der auf Veränderungen des Erregungszustandes der Vagi zurückgeführten Beschleunigung der Herzthätigkeit während der Inspiration, Verlangsamung während der Exspiration, ein unterstützendes Moment für die in Rede stehenden Blutdruckschwankungen nach.

So klar und folgerichtig diese Deductionen, so wenig auch noch heute bezweifelt werden kann, dass bei der natürlichen Athmung die von Einbrodt zur Erklärung benutzten Momente in Einbrodt's Sinn sich geltend machen müssen, so sicher ist auf der anderen Seite, dass sie nicht die einzigen Factoren der respiratorischen Blutdruckschwankungen sein können. Wie längst von verschiedenen Seiten hervorgehoben worden ist, lassen sich die bei künstlicher Respiration in gleichem Sinne wie bei natürlicher auftretenden Blutdruckschwankungen unmöglich nach Einbrodt's Theorie erklären, da bei ersterer die Inspiration nicht mit einer vermehrten Aspirationswirkung der Lungen sondern im Gegentheil mit einem von der eingepressten Luft durch die Lungenwand hindurch auf die Brustorgane ausgeübten positiven Druck verbunden ist. Noch evidenter wird jede Mitwirkung der von der Athembewegung abhängigen Druckverhältnisse im Brustraum bei den wiederum gleichsinnigen Blutdruckschwankungen, welche die künstliche Ventilation bei offenem Thorax erzeugt, ausgeschlossen. Auch die von Einbrodt selbst als nebensächlich bezeichneten Einflüsse der geänderten Schlagfolge des Herzens, mag man letztere mit Einbrodt auf eine Vagusreizung durch Hirndruck oder mit Hering[1]) auf eine von den ausgedehnten Lungen reflectorisch eingeleitete Herabsetzung des Vagustonus zurückführen, können nicht einmal in den Fällen, in welchen die Wirksamkeit der Schwankungen des negativen Lungendrucks ausgeschlossen ist, zur

1) Hering, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Mat.-nat. Cl. Bd. LXIV.

Erklärung der Blutdruckwellen verwendet werden, weil letztere bekanntlich auch nach Durchschneidung der Vagi und überhaupt bei thatsächlich gleicher Schlagzahl während der In- und Exspiration auftreten.

Diese offenbaren Unzulänglichkeiten der bisherigen mechanischen Erklärungen haben die Veranlassung zur Aufstellung chemischer Theorien gegeben, deren Grundlage die insbesondere durch Traube festgestellte reizende Einwirkung des dyspnoischen Blutes auf die nervösen Centralapparate der Respirations- und Circulationsapparate bildet. Traube[1]) selbst hat sowohl die von den Athembewegungen abhängigen als die von ihnen unabhängigen periodischen Aenderungen der Herzthätigkeit und secundär des Blutdrucks aus der Gegenwirkung von drei Bedingungen zu erklären gesucht: 1. der reizenden Einwirkung der Kohlensäure des Blutes auf das regulatorische und musculomotorische Herznervensystem; 2. der Zu- und Abnahme der Erregbarkeit des regulatorischen Herznervensystems mit der Zu- und Abnahme des Sauerstoffzuflusses zum verlängerten Mark; 3. der Zu- und Abnahme des Widerstandes, den der Herzmuskel den Impulsen seines motorischen Nervensystems entgegensetzt mit der Ab- und Zunahme des Sauerstoffzuflusses zu der Muskelsubstanz. Ueber die nähere Durchführung dieser Hypothese, welche ihr Urheber übrigens hauptsächlich zur Erklärung der von der Athmung unabhängigen, und hier nicht interessirenden sogenannten Traube'schen Wellen verwerthet, verweisen wir auf seine eigenen Mittheilungen. Die chemische Hypothese von Schiff dagegen gilt speciell den mit den Athembewegungen synchronischen Blutdruckschwankungen. Schiff[2]) leitet dieselben von periodischen Reizungen des Gefässnervencentrums, also periodischen Gefässkrämpfen, ab, welche von den durch die Phasen der Athmung herbeigeführten Schwankungen des Gasgehaltes des Blutes bedingt sein sollen.

Ohne uns des Weiteren in eine Kritik der von den Vertretern dieser Hypothesen für ihre Richtigkeit ins Feld geführten Thatsachen und Argumente einzulassen, glauben wir zeigen zu können, dass sie mit gewissen Thatsachen unvereinbar sind, in gewissen Fällen das thatsächliche Verhalten der Respirationsschwankungen des Blutdrucks nicht aus den Verhältnissen

1) Traube, Ges. Beitr. Bd. I, pg. 310.

2) Schiff, im Auszug: Med. Centralbl. 1872, pg. 756.

einer chemischen Reizung des Herz- oder Gefässnervensystems erklärt werden können. Die Wirksamkeit der Traube'schen Momente ist ausgeschlossen in allen Fällen, wo nach Durchschneidung sämmtlicher Halsnerven tiefe Blutdruckschwankungen ohne merkliche Verschiedenheit der Zahl und Energie der einzelnen Herzschläge an den auf- und absteigenden Schenkeln der Wellen die Athemphasen begleiten, wofür uns als Belege zahlreiche an Kaninchen erhaltene Curven vorliegen. Gegen Schiffs Hypothese wollen wir ein einziges, unseres Erachtens entscheidendes, mit vollkommenster Regelmässigkeit und Evidenz jedesmal sich einstellendes Factum aufführen, welches wir unten zu Gunsten unserer Hypothese verwerthen werden. Unterbricht man bei einem Kaninchen, bei welchem man bei offenem Thorax durch ausgiebige künstliche Ventilation ausgiebige regelmässige Blutdruckwellen unterhalten hat, die künstliche Athmung im Augenblick der beendigten Respiration, indem man den zur Trachea führenden Schlauch abklemmt und lässt die Lungen im zusammengefallenen Zustand 5—10 Sek. verharren, so hebt sich alsbald der Blutdruck von der niedrigen Höhe, zu welcher ihn die letzte Exspiration herabgedrückt hat, zu der Höhe des Mitteldrucks, auf welcher er während der ganzen Pause verharrt, um momentan mit dem Beginn der folgenden neuen Einblasung wieder steil anzusteigen. Nach Schiff, nach dessen Hypothese sogar das kurze Intervall zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Athemzügen, wenn die Frequenz nicht ein gewisses Maximum überschreitet, genügt, eine das Gefässnervencentrum reizende Anhäufung von Kohlensäure, welche während der folgenden Einathmung zur Erscheinung kommt, zu gestatten, müsste doch unzweifelhaft bei so langer Exspirationspause die wachsende Venosität des Blutes ein erhebliches Steigen des Blutdrucks erzeugen, und könnte unmöglich jedesmal mit dem Beginn der neuen Inspiration, gleichviel ob dieselbe 5 oder 10 Sek. nach der letzten Exspiration eintritt, ein steiles Ansteigen des Blutdruckes zusammenfallen. Die nächste sichtbare Folge dieser Inspiration müsste doch, in Folge der von ihr bedingten Kohlensäureentladung ein Sinken des Blutdrucks sein. Uebrigens geht bereits aus Traube's Beobachtungen über das Verhalten des Blutdrucks bei Suspensionen der künstlichen Athmung zur Genüge hervor, dass die blutdrucksteigernde Wirkung der Kohlensäureanhäufung, gleichviel ob sie durch das Herznerven- oder das Gefäss-

nervensystem vermittelt werden mag, stets erst in viel grösseren Zeiträumen, als selbst bei langsamer Athmung die Intervalle der einzelnen Athemzüge darstellen, beginnt. Ferner möchten wir hervorheben, dass auch bei regelmässiger natürlicher oder künstlicher Lungenventilation die prompte und genaue Accomodation der Form und des zeitlichen Verlaufs der Blutdruckwellen an die mannigfach variabele Form und den zeitlichen Verlauf der Curven, welche die gleichzeitigen Zustände der Athmungsorgane registiren, schwerlich aus Schiffs Hypothese erklärt werden kann.

Wenn wir demnach die Unzulänglichkeit der seitherigen mechanischen und chemischen Theorien zur Erklärung der thatsächlichen Respirationsschwankungen des Blutdrucks unter allen Verhältnissen als erwiesen betrachten dürfen, so erscheint es geboten, sich nach einem anderweitigen Erklärungsprincip umzusehen, ein Moment aufzusuchen, aus dessen Wirksamkeit sich die factischen Blutdruckschwankungen sowohl bei künstlicher, wie bei natürlicher Athmung, bei geschlossenem wie bei offenem Thorax, bei Intactheit wie nach Durchschneidung der Herznerven, kurz unter allen experimentell zu variirenden Bedingungen erklären lassen, sei es, dass dieses Moment allein wirksam ist, oder in verschiedener nachweisbarer Interferenz sich mit anderen Momenten, wie den veränderlichen Druckverhältnissen im Thorax oder veränderlicher Frequenz und Energie der Herzthätigkeit, oder wechselnder chemischer Zusammensetzung des Blutes combinirt.

Ein solches Moment glauben wir in bestimmten, von dem variabeln Ausdehnungszustand der Lungen in gesetzmässiger Weise abhängigen Aenderungen der Strömungsverhältnisse des Blutes im Gebiete des Lungenkreislaufs gefunden zu haben, und glauben beweisen zu können, dass dasselbe in der That den eben gestellten Anforderungen entspricht.

Die Hämodynamik des kleinen Kreislaufs ist aus naheliegenden Gründen noch weit hinter der des grossen Kreislaufs zurück. Ist auch der ohngefähre Mitteldruck in der Pulmonalarterie gemessen, so war doch bisher nichts Genaues über dessen eventuelle respiratorische Schwankungen u. s. w. bekannt. Allerdings liegt eine an Vorversuche von Haller, Poiseuille und J. Müller sich anschliessende sorgfältige Untersuchung der für unsere Frage wichtigen Veränderungen vor, welche ein künstlich durch die Gefässe

einer „überlebenden" Lunge getriebener Blutstrom durch die inspiratorische Erweiterung und exspiratorische Verengerung der Lunge erleidet. Allein Quincke und Pfeiffer[1]), von denen diese Untersuchung angestellt wurde, haben erstens bei der Erklärung ihrer Resultate und deren Uebertragung auf die Verhältnisse im Leben nicht alle mit der wechselnden Ausdehnung der Lunge Hand in Hand gehenden Aenderungen im Lungenstromgebiet in Betracht gezogen, und zweitens versäumt, die secundären Folgen der von ihnen beobachteten respiratorischen Veränderungen des Blutabflusses für die Stromverhältnisse im grossen Kreislauf zu berücksichtigen. Bekanntlich haben Quincke und Pfeiffer nachgewiesen, dass die Durchflussmenge des Blutes durch die ausgeschnittene Lunge bei der respiratorischen Erweiterung abnimmt, wenn letztere durch positiven Druck von den Bronchien aus herbeigeführt wird, dagegen zunimmt, wenn die Lunge durch negativen Druck von aussen her erweitert wird. Obwohl man hieraus folgern sollte, dass im Leben, wo die Inspiration auf letzerem Wege zu Stande kommt, dieselbe eine Erleichterung des Stromes durch die Lunge bedinge, suchen Quincke und Pfeiffer theoretisch zu begründen, dass auch im Leben in Folge des Umstands, dass auch das Herz und die Stämme der Pulmonalgefässe dem negativen Inspirationsdruck ausgesetzt sind, die Erweiterung eine Erschwerung der Lungenströmung erzeugen müsse. Das letztere bedingende Moment suchen sie in einer Zusammendrückung der Lungencapillaren, welche von einem Ueberwiegen des auf ihre den Alveolen zugewendete Fläche wirkenden Drucks über den auf ihrer der Pleura zugekehrten Peripherie ruhenden Druck herbeigeführt werde, zu erweisen. In gleichem Sinne, wie die Durchflussmenge sahen Quincke und Pfeiffer auch die Capacität des Lungengefässgebiets sich ändern, und kommen daher zu dem Resultat, dass bei jeder Inspiration sowohl die Durchflussmenge des Blutes durch die Lungen, als die Capacität ihres Gefässgebietes vermindert werde.

Unserer Untersuchung liegt folgendes Raisonnement zu Grunde. Bei jeder inspiratorischen Erweiterung der Lungen, gleichviel, ob dieselbe durch negativen Pleuraldruck oder positiven Trachealdruck hervorgebracht wird, muss in Folge der Ober-

1) Quincke und Pfeiffer, Arch. f. Anat. u. Phys. 1871 pg. 90.

flächenvergrösserung der Alveolen eine Ausdehnung des dieselben umstrickenden Capillarnetzes, mithin eine Verlängerung und Verengerung der einzelnen Capillarröhren eintreten. Es lässt sich theoretisch und experimentell (s. unten) begründen, dass dabei die durch die Abnahme der Lichtung bedingte Volumenabnahme die durch die Längsdehnung bedingte Volumenzunahme des Röhreninnern beträchtlich überwiegt, mithin eine beträchtliche Capacitätsverminderung der Lungencapillaren bei jeder Ausdehnung der Alveolen eintreten muss. Kommt zu dieser Wirkung der Ausdehnung noch die Abflachung der Capillaren, welche Donders bereits für eine starke Ausdehnung der Lungen statuirt, Quincke und Pfeiffer als nothwendige Folge der Differenz des auf ihrer Alveolar- und ihrer Pleuralfläche ruhenden Drucks hinstellen, so muss aus derselben noch eine weitere Beschränkung der Capacität des Lungencapillarengebiets während der inspiratorischen Erweiterung der Lungen resultiren. Die entgegengesetzte Veränderung, Verlängerung und Erweiterung der Capillaren, mithin Zunahme ihrer Capacität muss selbstverständlich die exspiratorische Verkleinerung der Lungenbläschen begleiten[1]). Dieser mit den Athmungsphasen einhergehende Capacitätswechsel des mächtigen Stromgebiets in den Lungen muss nothwendigerweise nicht allein direct die Blutbewegung zwischen rechtem und linkem Herzen beeinflussen, sondern indirect auch auf die Stromverhältnisse im Aortengebiet, welches mit dem Lungenblut gespeist wird, einwirken. Theoretisch lässt sich über die Art dieser Einwirkung folgendes voraussetzen.

Während die inspiratorische Erweiterung der Lungen vor sich geht, muss die Abnahme der Capacität ihrer Capillaren eine Auspressung des in ihnen enthaltenen Blutes bewir-

---

1) Von einigen Anatomen ist früher nach Beobachtung an Injectionspräparaten angegeben worden, dass die Lungencapillaren in die Alveolen prominirende Schleifen bilden; man glaubte sogar, deren Bedeutung darin suchen zu müssen, dass sie bei der inspiratorischen Erweiterung sich geradstrecken und somit die Dehnung der Capillaren verhüten. Diese Schleifen sind indessen längst als Kunstprodukte, erzeugt durch Ueberdehnung der Capillaren bei unter hohem Druck erfolgender Injection der zusammengefallenen Lungen, erkannt. Ein Blick auf das vom strömenden Blut erfüllte Capillarnetz der Lunge eines lebenden Frosches genügt, die angeblichen Schleifen ganz ausser Betracht zu setzen.

ken. Von den beiden Wegen, welche dem Blut für das Ausweichen aus dem verengten Bezirk gegeben sind, ist der Rückweg zur Pulmonalarterie durch den daselbst bestehenden höheren Druck und die Nachfüllung von Blut durch die folgende Systole des rechten Ventrikels jedenfalls im Nachtheil gegenüber dem Ausweg durch die Lungenvenen zum linken Vorhof. Es ist daher in der Pulmonalarterie wohl ein Anwachsen des Druckes durch die Rückstauung des Blutes bei der Inspiration zu erwarten, im linken Vorhof dagegen eine erhebliche Füllungszunahme, welche ihrerseits eine ausgiebigere Arbeit des linken Ventrikels, mithin eine stärkere Speisung der Aorta, also ein entsprechendes Anwachsen der Blutspannung in ihr während der Inspiration mit Bestimmtheit vorauszusagen. Diese Folgen müssen sowohl bei natürlicher wie bei künstlicher Athmung, bei geschlossenem wie bei offenem Thorax eintreten; bei der natürlichen Athmung ist nur ein weiterer Vortheil für das Ausweichen durch die Lungenvenen darin zu suchen, dass die mit der Ausdehnung der Lungen wachsende Saugwirkung derselben sich stärker auf die dünnwandigen unter niederer Spannung gefüllten Lungenvenen als auf die dickwandige unter höherem Druck gefüllte Pulmonalarterie geltend machen muss.

Verharrt die Lunge im Zustand der inspiratorischen Erweiterung, so muss die mit der Verengerung ihrer Capillaren eingetretene Beschränkung der Durchflusswege des vom rechten Herzen einströmenden Blutes zur Geltung kommen. Es wird durch die engeren, in Folge ihrer Verlängerung auch mehr Widerstand bietenden Capillarbahnen weniger Blut in gegebener Zeit hindurchströmen, mithin der vorher durch die Auspressung bedingte Blutüberfluss des linken Vorhofs sich in eine relative Verarmung an Blut umkehren, mithin ein Sinken des Blutdrucks in der Aorta eintreten und so lange anhalten, bis entweder die Ausathmung die Verengerung der Capillaren aufhebt, oder vorher bereits die in Folge der Blutanstauung wachsende Arbeit des rechten Herzens eine Wiederausdehnung der Capillaren erzwingt.

Die Wirkungen der exspiratorischen Verengerung der Lungen lassen sich ebenso einfach als Consequenz der entwickelten Anschauung a priori construiren. Während die Lunge zusammenfällt, die Oberfläche der Alveolen sich verkleinert, muss die Zunahme des Rauminhalts der Capillaren durch eine Zu-

nahme ihrer Füllung ausgeglichen werden. Letztere wird nun zwar nicht durch eine Rücksaugung von Blut aus den Lungenvenen, sondern hauptsächlich durch ein vermehrtes Nachströmen des unter höherem Druck stehenden Pulmonalarterienblutes zu Stande kommen, nothwendig aber wird während dieser Füllungszunahme eine Beschränkung des Abflusses des Lungencapillarblutes nach dem linken Herzen, mithin eine Erniedrigung des Druckes in der Aorta eintreten. Verharren die Lungen im collabirten Zustand, so wird nach beendigter Nachfüllung die Zunahme der Durchflussmenge durch das weitere Flussbett der Capillaren zur Geltung kommen, d. h. der Zufluss zum linken Herzen wachsen, mithin der vorher erniedrigte Blutdruck sich wieder etwas heben und auf dieser mittleren Höhe verharren, bis ihn eine neue Inspiration wieder zum steilen Anwachsen bringt, wenn nicht bei Verlängerung der Exspirationspause über einen gewissen Punkt vorher bereits die steigernde Wirkung der Kohlensäureansammlung sich zu zeigen beginnt.

Sehen wir nun, wieweit die Thatsachen diesen aprioristischen Deductionen entsprechen, wieweit die einzelnen Sätze derselben sich durch zweckmässige Adaption der Versuchsbedingungen erweisen lassen.

Zunächst möge hier die Mittheilung eines physikalischen Vorversuchs stattfinden, welchen der eine von uns (L.) angestellt hat, um zu demonstriren, in welchem Maasse der Rauminhalt eines in der Fläche einer dehnbaren Membran eingebetteten elastischen Schlauches eine Verkleinerung erleidet, wenn die Membran nach allen Richtungen gleichmässig ausgedehnt wird, wie dies bei der inspiratorischen Erweiterung der Alveolen der Fall ist.

Wir wollen den Punkt C Fig. 1 eines unter den angegebenen Bedingungen befindlichen Schlauches in's Auge fassen. Bei der Ausdehnung der Membran, in welcher der Schlauch eingebettet zu denken ist, wirken auf den Punkt C zunächst in der Richtung der Schlauchachse xx_1 zwei gleichgrosse spannende Kräfte in entgegengesetzter Richtung. Zwei ebenso grosse Kräfte wirken in der dazu senkrechten Richtung yy_1; ausserdem wirken aber den vorhergehenden gleiche Kräfte in jeder Richtung der vier Quadranten in gleichmässiger Vertheilung. P sei eine beliebige dieser Spannkräfte im ersten Quadranten, ihr entspricht eine gleich grosse aber entgegengesetzt gerichtete P_2 des dritten Quadranten. Jede dieser Kräfte kann in zwei Componenten zerlegt werden, von denen die eine in die Richtung xx_1, die andere in die Richtung yy_1 fällt. Von diesen vier Componenten sind zwei in dieselbe

Richtung fallende gleichgross und einander entgegengesetzt, wie die Construction des Kräfteparallelogramms ergibt. Auf diese Weise lässt sich jedes im I. und III. Quadranten gelegene Spannkräftepaar in vier in die Richtungen xx_1 und yy_1 fallende Componenten zerlegen, und die Summe S der Componenten in der Richtung xx_1 muss genau der Summe der Componenten in der Richtung yy_1 gleich sein. An Stelle der unzähligen in den beiden Quadranten I und III gelegenen Spannkraftpaare können also zwei gleich grosse Paare als Resultirende gesetzt werden, welche in der Richtung der Achse xx_1 und der dazu senkrechten Richtung yy_1 auf den Punkt C wirken. Auf dieselbe Weise kann man mit den Spannkräften der Quadranten II und IV verfahren und die Resultirenden sind mit denen des I und III gleich gross. Somit können an Stelle der in allen Richtungen der Ebene auf C wirkenden Spannkräfte zwei gleich grosse Spannkräftepaare gesetzt werden, von denen das eine in der Richtung der Achse, das zweite in dazu senkrechter Richtung auf C wirkt. Auf diesen Betrachtungen fusst der folgende Versuch.

In die beiden Enden A B eines 50 Cm. langen Kautschuckschlauches wurden kurze Glasröhren von der Weite des Schlauches fest eingebunden. Bei B ragte der Schlauch über das Glasrohr hinaus, um wie die Figur zeigt, abgeklemmt werden zu können. Bei A ragte das Glasrohr aus dem Schlauch hervor und stand durch ein enges Gummirohr mit einem vertical stehenden engen Glasrohr C in Verbindung. In der Mitte C des Schlauches wurden an zwei sich genau gegenüber liegenden Stellen in der dem Durchmesser des Schlauches gleichen Ausdehnung a b Fäden durch das Fleisch der Wandung ohne Eröffnung der Schlauchhöhle gezogen. Der Schlauch wurde von B aus mit Wasser gefüllt, bis dasselbe etwa bis zur Mitte des verticalen Glasrohrs gestiegen war, dann B abgeklemmt. Das Ende A wurde an der Unterlage unverrückbar befestigt, während an dem freien Ende B ein Faden zum Anhängen des in der Längsrichtung spannenden Gewichtes P angebracht war. Wurde nun dieser Zug in der Längsrichtung durch P ausgeübt, so zeigte das Sinken der Wassersäule in C eine von der Grösse von P abhängige Volumenzunahme des Schlauchinneren an, und es liess sich leicht berechnen, welcher Antheil dieser Gesammtzunahme auf die Strecke a b des Schlauches kam. Wurde darauf P vom Schlauchende B entfernt und nun an jeder Seite des Schlauches an die in der Strecke a b angebrachten gleichgespannten Fäden das gleiche Gewicht P angehängt, so zeigte die Veränderung des Wasserstandes in C eine beträchtliche Volumenabnahme der Strecke a b an, welche 12—18mal die von der Längsdehnung bewirkte Volumenzunahme der gleichen Strecke übertraf. Wenn demnach die spannenden Kräfte in beiden senkrecht zu einander stehenden Richtungen zugleich wirken, entsteht eine erhebliche Verkleinerung des Rauminhaltes des Schlauches.

Eine weitere Reihe von Vorversuchen bestand in einer Wiederholung der Versuche von Quincke und Pfeiffer mit künstlicher Durchströmung überlebender Lungen, jedoch mit

dem Unterschied, dass wir nicht die Ausflussmengen in gegebener Zeit, sondern den Wechsel der Ausflussgeschwindigkeit in verschiedenen Stadien der unter positivem Trachealdruck erfolgenden inspiratorischen Erweiterung und der exspiratorischen Verengerung der Lungen beobachteten. Zu diesem Behuf wurde in den linken Vorhof durch das Herzohr eine Canüle eingebunden, welche durch ein kurzes Kautschukrohr mit einer langen, engen, horizontal liegenden Glasröhre verbunden war. Sobald das von der Pulmonalarterie unter constantem Druck aus einer Mariotte'schen Flasche durch die Lungengefässe getriebene Blut in der Glasröhre erschien, wurde die Geschwindigkeit des Vorrückens der Blutsäule während In- und Exspiration beobachtet, und wenn die Röhre bis ans Ende gefüllt war, eine neue leere eingefügt. Lungen und Herz waren in ihrer natürlichen Lage im eröffneten Thorax bei Rückenlage des durch Verblutung getödteten Thieres gelassen. Das Resultat der Beobachtung entsprach vollständig unseren Voraussetzungen. Während jeder Aufblasung der Lungen zeigte sich eine erhebliche Beschleunigung des Blutstroms, welche jedoch rasch abnahm, und in eine Retardation bis vorübergehenden Stillstand überging, wenn die Lungen im aufgeblasenen Zustand erhalten wurden. Schloss sich die Exspiration unmittelbar an die Inspiration an, so ging die von letzterer bedingte Beschleunigung während des Zusammenfallens der Lungen in eine Verzögerung über; beim Verharren im collabirten Zustand trat wieder mässige Beschleunigung bis zu einer mittleren constanten Geschwindigkeit ein. Die Erklärung dieser schlagenden Thatsachen ergibt sich zwanglos aus unserer Theorie; mit andern Worten: sie beweisen die Auspressung von Blut aus dem verengt werdenden Lungencapillarnetz nach dem linken Vorhof während der Erweiterung der Lunge, die Verminderung der Durchflussgrösse während des Verharrens im aufgeblasenen Zustand, ebenso die Retention des Blutes in den wieder weiter werdenden Capillaren während des Collabirens der Lunge und die Begünstigung des Stromes durch die erweitert bleibenden Bahnen beim Verharren der Lungen im collabirten Zustand. Die Bedeutung dieser Thatsachen für unsere Theorie wird besonders durch den Umstand erhöht, dass bei diesem Versuch sicher die Mitwirkung aller anderen mechanischen oder chemischen Momente ausgeschlossen war.

Eine weitere Aufgabe stellte sich uns in dem experimentellen Nachweis der aus unserer Theorie abgeleiteten Rückstauung des Blutes nach der Pulmonalarterie in Folge der Auspressung der Lungencapillaren während der Inspiration. Es muss sich diese Rückstauung in einer inspiratorischen Steigerung des Blutdrucks in der Pulmonalarterie äussern. Die bisher über die Spannung in diesem Gefäss angestellten Untersuchungen geben über dieses Verhalten keine befriedigende Auskunft. Beutner[1]), dem wir die ersten gründlichen Studien über die Druckverhältnisse im Gebiet des kleinen Kreislaufs verdanken, hat allerdings respiratorische Schwankungen in der Pulmonalarterie beobachtet. Allein er scheidet dieselben in angeblich ausserwesentliche, welche er von den Stössen des Blasebalges ableitet, indem er annimmt, dass die Luftstösse bei der künstlichen Aufblasung der Lunge einen seitlichen Druck auf die kleinen oder grossen Gefässe ausüben und dadurch eine Drucksteigerung in der Pulmonalis bedingen, und in wesentliche von den Athembewegungen abhängige, auf deren nähere Analyse und Erklärung er jedoch nicht eingeht. Mehr aus einer seiner Abbildungen[2]) als aus seinen Worten lässt sich entnehmen, dass er in der That das von uns geforderte Verhalten des Pulmonalisdruckes bereits vor Augen gehabt hat. Faivre[3]) erwähnt gar nichts von respiratorischen Schwankungen und ebenso vermisse ich in den neueren Beobachtungen Fick's über die Druckverhältnisse im rechten Herzen darauf bezügliche Data.

Wir haben mehrfache Wege zur Bestätigung unserer Voraussetzung eingeschlagen. Einmal haben wir bei Kaninchen, denen nach Einleitung künstlicher Respiration der Thorax eröffnet war, die Pulmonalarterie mit einer feinen Nadel angestochen, und uns überzeugt, dass jedesmal während der Aufblasung die Menge des aus der feinen Stichöffnung hervorquellenden Blutes erheblich zunahm. Zweitens haben wir bei ebenso vorbereiteten Kaninchen in schräger Richtung mit der Spitze gegen die Zweige hin eine feine spitze Canüle, wie sie bei den Pravaz'schen Spritzen gebräuchlich sind, in die Pulmonalarterie eingestossen und mit dem äusseren Ende der Canüle eine enge vertical stehende Glasröhre verbunden.

1) Beutner, Ztschr. f. nat. Med. N. F. Bd. II pag. 109.

2) Beutner a. a. O. Taf. VI, Fig. 3.

3) Faivre, Gaz. méd. de Paris 1856, pag. 729.

Die in dieser Röhre langsam emporsteigende Blutsäule zeigte regelmässig eine evidente Beschleunigung des Ansteigens während der Aufblasung, Retardation während des Zusammenfallens der Lungen, d. h. also die vorausgesetzten Folgen der inspiratorischen Auspressung und exspiratorischen Wiederauffüllung der Lungencapillaren. Drittens glauben wir zu unserer Voraussetzung in Beziehung bringen zu dürfen die merkliche Verstärkung, welche nach unserer Wahrnehmung die Töne des rechten Herzens bei der Auscultation am Menschen während einer tiefen Einathmung wahrnehmen lassen, eine Thatsache, welche auch von den Herren Prof. Bäumler und Dr. Engesser bestätigt wurde. Die Verstärkung ist um so auffallender, als man in Folge des Vorschiebens der Lungenränder eher eine Schwächung der Töne während der Einathmung erwarten sollte. Wir wagen nicht zu entscheiden, ob diese Verstärkung ausschliesslich auf Rechnung der Druckerhöhung in der Pulmonalarterie, welche die Rückstauung des Blutes aus den Lungen bedingt, kommt, oder ob an ihr auch die Verstärkung der Thätigkeit des rechten Herzens, welche die Folge der durch den wachsenden negativen Lungendruck vermehrten Füllung desselben ist, Antheil hat. Jedenfalls beweist die Verstärkung des zweiten Tones eine Druckzunahme in der Pulmonalarterie.

Unsere Hauptaufgabe bestand in einer erneuten sorgfältigen Untersuchung der zeitlichen Beziehung der arteriellen Blutdruckschwankungen zu den Athmungsphasen bei allen verschiedenen Variationen des Modus und Rhythmus der letzteren, und des Nachweises, dass die factisch gefundenen Beziehungen nicht allein zu unserer Theorie stimmen, sondern auch nur durch dieselbe vollständig erklärt werden können.

Wir haben unsere Versuche ausschliesslich an Kaninchen ausgeführt, vor allem, weil wir bei diesen Thieren weit unabhängiger von den Einmischungen der Veränderung der Schlagfolge des Herzens in den Verlauf der Blutdruckcurve waren, als bei Hunden. Bekanntlich beträgt überhaupt bei Kaninchen unter allen Umständen die systolische Blutdrucksteigerung nur einen sehr kleinen Bruchtheil des Mitteldrucks, und ebenso bekannt ist, dass wenn auch Zahl und Energie der Herzschläge des Kaninchens innerhalb sehr weiter Grenzen variiren können, doch mit den Athemphasen synchronische regelmässige Schwankungen derselben

entweder gar nicht merklich hervortreten, oder in so minimalen Grenzen, dass sie als ursächliches Moment der oft sehr erheblichen respiratorischen Blutdruckwellen unmöglich aufgestellt werden können. Jedenfalls sind sie in allen unseren entscheidenden Versuchen vollständig ausgeschlossen.

Den Blutdruck haben wir stets in den Carotis gemessen, und in bekannter Weise durch ein Quecksilbermanometer auf einen Papierstreifen ohne Ende registriren lassen. Unter der Blutdruckcurve verzeichnete ein Metronom mit Secundenschlägen die Zeit und eine andere Glasfeder, welche zugleich benutzt wurde, den Moment gewisser Aenderungen der Versuchsbedingungen zu markiren, die Abscisse. Ueber der Blutdruckcurve zeichnete die genau senkrecht über die Manometerfeder gestellte Feder eines Marey'-schen Cardiographen, dessen Trommel durch einen engen Kautschuckschlauch mit dem seitlichen Ansatzrohr einer Tförmigen Trachealcanüle verbunden war, die Athmungscurve. Wir sind uns wohl bewusst, dass die bekannten Fehlerquellen dieses Instruments eine absolut genaue Messung der Grösse und des zeitlichen Ganges der Veränderungen des Lungenvolumens bei der Athmung nicht gestatten. Allein erstens stand uns keine exactere Methode zur Disposition (die Anwendung des Fühlhebels oder des Phrenographen war ausgeschlossen, da unsere meisten Versuche bei offenem Thorax ausgeführt wurden); zweitens haben wir uns durch directe Controlversuche überzeugt, dass unter den angewendeten Cautelen unser Instrument wenigstens die Anfänge der Athmungsphasen und deren relative Grösse mit einer für unsere Fragen vollkommen ausreichenden Präcision registrirte.

Wir haben darauf verzichtet, ausführliche neue Versuchsreihen über die zeitlichen Beziehungen der respiratorischen Blutdruckwellen zu den regelmässigen natürlichen Athembewegungen anzustellen. Es liegen darüber seit Einbrodt so zahlreiche, wenn auch nicht völlig übereinstimmende Beobachtungen der geübtesten Experimentatoren und auch zahlreiche eigene Beobachtungen aus früherer Zeit vor, dass wir nicht erwarten konnten, zu wesentlich neuen Resultaten zu kommen. Unsere eigenen Beobachtungen stimmen im Allgemeinen zu den Angaben Einbrodt's, insofern sie ein Steigen des Blutdrucks während der Inspiration und Sinken während der Exspiration constatiren. In der Regel haben auch wir den Beginn des Steigens erst im Verlauf der Inspiration, den

Gipfel der Druckwelle im Beginn des Exspirationsstadiums beobachtet; doch kommen auch bei natürlicher Athmung Verschiebungen der Blutdruck- und Athmungscurve gegen einander nach beiden Richtungen unter bestimmten Bedingungen vor, wie sie bei künstlicher Athmung willkührlich durch experimentelle Variationen der Ventilationsbedingungen erzeugt werden können. Jedenfalls lassen sich alle thatsächlichen Blutdruckschwankungen bei natürlicher Athmung folgerichtig und zwanglos in der stets zur Geltung kommenden und stets dominirenden Wirkung des von uns aufgestellten ursächlichen Moments, d. i. der Folgen der die Athembewegungen begleitenden Aenderungen der Capacität der Lungencapillaren, und erst in zweiter Reihe aus der mehr weniger hervortretenden Einmischung anderweitiger, früher als allein bestimmend betrachteter Factoren: der variabeln Druckverhältnisse im Brustraum, der selbst wieder von verschiedenen Factoren abhängigen Variationen der Schlagfolge und Energie des Herzens, und der Veränderung des Gefässtonus erklären. Weil aber bei der natürlichen Athmung eben diese Einmischung nicht immer auszuschliessen und oft schwer zu controlliren ist, und weil dagegen bei der künstlichen Ventilation nicht allein diese Ausschliessung fast durchweg möglich ist, sondern auch Zahl, Umfang und Rhythmus der Athembewegungen der Lunge willkürlich in weitem Umfang und in jeder durch die Fragstellung gebotenen Weise variirt werden können, haben wir die experimenta crucis für unsere Theorie mit künstlicher Athmung an curarisirten Thieren, denen die Vagi, Depressoren und Sympathici am Halse durchschnitten waren, bei eröffnetem Thorax angestellt. Allerdings wäre es zur sicheren Beseitigung etwaiger, vom verlängerten Mark ausgehender periodischer Aenderungen der Innervation der Gefässmuskeln, wünschenswerth gewesen, auch noch das Rückenmark bei unseren Versuchsthieren zu durchschneiden. Allein wir glaubten von dieser Operation, welche bekanntlich den Blutdruck ausserordentlich herunterdrückt und eine genaue Beobachtung seiner periodischen Schwankungen sehr unsicher macht, absehen zu dürfen, weil die bei unversehrtem Mark gewonnenen Resultate unseres Erachtens — wie dies schon oben S. 410 angedeutet wurde — die Möglichkeit einer Deutung aus periodischem Gefässkrampf entschieden zurückweisen.

Wir ersparen uns eine ausführliche Mittheilung specieller Versuchsprotocolle und stellen kurz unsere wesentlichen, durch eine

hinreichende Zahl von Einzelbeobachtungen gesicherten Resultate unter Anschluss ihrer Auslegung zusammen.

Bei einer mittleren Zahl (30—40 i. d. Min.) und Tiefe der Einblasungen, bei normalem Rhythmus derselben, d. h. unmittelbarem Anschluss der Exspiration an die Inspiration und nicht zu langer Exspirationspause, zeigen sich sehr regelmässige Blutdruckwellen von folgendem Verhalten. Der aufsteigende Schenkel ist in der Regel etwas steiler als der absteigende, die Steilheit des ersteren wächst mit der Geschwindigkeit der Lungenausdehnung. Der Gipfel der Wellen ist abgerundet. Das Thal dagegen zeigt eine geringe Abflachung, d. h. der absteigende Schenkel geht in eine kurze, meist nur einen Herzschlag, oder bei grösserer Herzfrequenz zwei solche umfassende horizontale Strecke über, an welche sich die folgende Ascension anschliesst. Eine Verschiedenheit der Schlagfolge des Herzens im auf- und absteigenden Schenkel ist entweder gar nicht zu constatiren, besonders bei grösserer Pulsfrequenz, oder es zeigt sich im aufsteigenden Schenkel eine sehr geringe Beschleunigung. Verlängert man die Ordinaten der Blutdruckcurve zur genau superponirten Athmungscurve, so ergeben sich folgende zeitliche Beziehungen. Das Ansteigen des Blutdrucks erfolgt während der Inspiration; es beginnt jedoch um einen oder zwei Herzschläge nach dem Inspirationsanfang (mit anderen Worten: letzterer fällt mit der oben beschriebenen Thalabflachung zusammen), und überdauert die letztere um eine kurze Zeit, d. h. der Wellengipfel fällt in den Beginn der Exspiration. Das Absinken des Blutdrucks erfolgt allmälig während des weiteren Verlaufs der Exspiration und während der Pause, so dass er in der Regel gerade beim Beginn der folgenden Inspiration auf seinem Minimum anlangt. Beispiele dieses Verhaltens zeigen die Anfangs- und Endstücke der Fig. 2 und 3, in denen wie in den folgenden Figuren B die Druckcurve der Carotis, R die Athmungscurve, A eine Parallele zur Abscisse darstellt.

Dieses Verhalten erklärt sich folgendermassen: Die Ascension des Blutdrucks ist die Folge der Auspressung von Blut aus den während der inspiratorischen Erweiterung der Lungen mehr und mehr sich verengernden Capillaren derselben nach dem linken Herzen. Sie beginnt erst nach dem Anfang der Inspiration, weil eine wenn auch kurze Zeit vergeht, ehe das aus den Lungen ausweichende Blut das linke Herz erreicht, und durch dessen dem Füllungsgrad sofort sich anpassende Arbeit zur Erhöhung der

Spannung in der Aorta verwerthet wird. Ebenso überdauert die Ascension die Inspiration um eine kurze Zeit, weil die am Ende der letzteren dem linken Herzen zugeführten Ueberschüsse von diesem noch der Aorta übergeben werden. Das darauf folgende Sinken des Blutdrucks ist die Folge der Blutretention in den während der expiratorischen Verkleinerung der Lungen sich wieder erweiternden Capillaren derselben. Wiederum überdauert das Sinken den Exspirationsvorgang, setzt sich in den Zeitraum der Pause fort, weil wiederum eine Zeit vergeht, ehe die Begünstigung der Durchströmung durch die im erweiterten Zustand verharrenden Haargefässe in einer vermehrten Einfuhr in die Aorta, mithin Wiederhebung des Drucks in ihr zur Erscheinung kommen kann. Ist die Pause lang, so tritt, wie wir gleich zeigen werden, diese Umkehr wirklich während derselben ein. Bei einer kürzeren Pausendauer jedoch, wie sie unter den hier als mittlere bezeichneten Verhältnissen der Ventilation wirklich ist, tritt bereits die neue Inspiration ein, wenn der Druck gerade auf dem exspiratorischen Minimum angelangt oder eben im Begriff ist, durch die besprochene Wirkung des anhaltenden Exspirationszustandes sich wieder zu heben[1]).

Wir müssen ausdrücklich bemerken, dass die von uns als mittlere bezeichnete Zahl und Tiefe der Einblasungen, welcher das erörterte Verhalten des Blutdrucks entspricht, nicht der normalen Zahl und Tiefe der Athemzüge bei ruhiger natürlicher Respiration gleich ist. Bei letzterer ist die Frequenz grösser und die Tiefe geringer, als wir sie hier angenommen haben. Kaninchen athmen bekanntlich meist so flach und rasch, dass oft gar keine deutlichen Respirationswellen in der Blutdruckcurve ausgeprägt sind, erst nach Durchschneidung der Vagi ausgiebiger auftreten. Wir haben auch bei künstlicher Respiration die normale Athmungsgrösse erheblich übersteigender Luftquanta einblasen müssen, um zur genauen Analyse brauchbare Wellen zu erhalten, ganz besonders bei offenem Thorax, denn es stellte sich constant heraus, dass die durch eine bestimmte Tiefe der Einblasungen bei **geschlossenem Thorax** erzielten Athemwellen des Blutdrucks **bei der** Er-

1) In unseren Respirationscurven ist regelmässig der absteigende (exspiratorische) Schenkel etwas zu steil gezeichnet, die Pause erscheint daher etwas länger als sie in Wirklichkeit ist. Die Ursache dieses kleinen Fehlers liegt in den bekannten Fehlerquellen des Cardiographen.

öffnung der Pleura eine beträchtliche Abflachung erlitten, oder ganz verschwanden, und erst durch Vertiefung der Einblasungen wieder hervorgerufen oder verstärkt werden konnten. Die Erklärung dieses Verhaltens liegt auf der Hand, und erscheint uns als eine weitere Stütze für unsere Theorie. Bei geschlossenem Thorax fällt ja die Lunge nie vollständig zusammen, ein bestimmtes Volumen eingeblasener Luft bewirkt also eine Weiterdehnung der Lunge über den während der Exspiration bleibenden Ausdehnungszustand; bei offenem Thorax dagegen dehnt dasselbe Luftvolumen die vollständig collabirte Lunge nur bis zu einem niederen Grad aus. Das Maximum der inspiratorischen Dehnung der Lunge, mithin der Verkleinerung des capillaren Strombettes, ist also bei gleicher Tiefe der Einblasung nothwendig kleiner bei offenem als bei geschlossenem Thorax, daher die Abschwächung der Wirkung derselben auf den arteriellen Blutdruck bei Eröffnung der Pleura.

Macht man bei unveränderter mittlerer Frequenz der Einblasungen, wie wir sie oben angegeben haben, dieselben flacher, so erleiden die Blutdruckwellen folgende aus Fig. 4 ersichtliche Veränderungen. Erstens werden sie niedriger; die inspiratorische Ascension erhebt sich weniger über den Mitteldruck. Zweitens erreicht der Druck unmittelbar nach Beendigung der Exspiration sein Minimum, um während der Pause und des Beginns der Inspiration ganz allmälig wieder sich zu heben bis zum Beginn der von letzterer herrührenden steilen Ascension. Die Erklärung ist einfach. Je flacher die Athmung, desto geringer der Umfang des Capacitätswechsels der Lungencapillaren, desto geringer fällt die druckerhöhende Blutauspressung bei der Inspiration aus, desto rascher geht die Blutretention, welche die Wiederausdehnung der Capillaren begleitet, vorüber, so dass nun in der gleich lang gebliebenen Exspirationspause die Beförderung der Durchströmung des Blutes durch die weit bleibenden Capillaren zur Erscheinung kommen, den Blutdruck von seinem Minimum wieder zur mittleren Höhe heben kann, ehe die neue Inspirationswirkung eintritt.

Wird die Zahl der Einblasungen bei gleich bleibender mittlerer Tiefe vermindert, so dass die Länge der Pause zunimmt, während der von dem Ein- und Ausströmen der Luft eingenommene Zeitraum nur wenig wächst, so zeigen die Blutdruckwellen ein Verhalten, wie es Fig. 5 an einem Beispiel veranschaulicht. Das Wesentliche ist, dass auch hier das Wiederansteigen

des durch die Exspiration tief deprimirten Drucks während der längeren Pause in Folge des vermehrten Durchflusses durch die im weiten Zustand verharrenden Haargefässe sich zeigt, und diese Hebung sich unmittelbar ohne sichtbare Knickung der Curve an die von der folgenden Inspiration bedingte Ascension anschliesst. Dass diese Deutung die richtige ist, der aufsteigende Schenkel der Blutdruckwelle, dessen Fusspunkt jetzt in das Bereich der Pause fällt, aus zwei in einander übergehenden Abschnitten, von denen der eine auf Rechnung der anhaltenden Erweiterung, der folgende auf Rechnung der inspiratorischen Verengerung der Lungencapillaren kommt, zusammengesetzt ist, gerade so, wie bei dem vorher erörterten Fall der Verflachung der Athemzüge, nur mit dem Unterschied, dass bei letzterer die Grenze zwischen beiden verschieden steilen Abschnitten deutlich markirt ist, lehrt zur Evidenz das Verhalten des Blutdrucks, wenn man die Exspirationspause über eine gewisse Grenze hinaus verlängert.

Klemmt man in dem Moment, wo die Lungen in Folge einer Exspiration eben im völlig zusammengefallenen Zustand angelangt sind, den zur Trachea führenden Schlauch plötzlich ab und lässt die Lungen 8—10 Sek. in diesem collabirten Zustand verharren, so erhält man die in Fig. 3 abgebildete charakteristische Curve. Von dem Minimum, zu welchem die letzte Exspiration den Blutdruck herabgedrückt, erhebt er sich alsbald wieder zu mittlerer Höhe, auf welcher er nahezu unverändert während der ganzen Pause verharrt, um sofort bei der nächsten Inspiration wieder in der gewöhnlichen Steilheit anzusteigen. Wir glauben, dieses Verhalten ist ebenso entscheidend gegen Schiff's chemische Theorie, wie oben bereits besprochen wurde, als eine treffliche Probe auf's Exempel für unsere Theorie. Dass die Wiederhebung des Drucks im ersten Abschnitt der Pause nur die Folge des vermehrten Blutdurchflusses durch die erweitert bleibenden Capillaren und nicht einer beginnenden Kohlensäurewirkung ist, folgt zur Evidenz aus dem Verharren des Drucks auf gleicher mittlerer Höhe im ganzen weiteren Verlauf der Pause und der neuen steilen Hebung durch die erste neue Inspiration, welche nach Schiff durch Kohlensäureentladung des Blutes nothwendig deprimirend auf den Druck wirken müsste. Diese Schlussfolgerung wird noch weiter befestigt durch das Verhalten des Blutdrucks in solchen Fällen, wo während der Exspirationspause wirklich ein Einfluss der steigenden dyspnoischen Beschaffenheit des Blutes zur Erscheinung kommt. Das tritt ein,

wenn man entweder die Exspirationspause über die angegebene Zeitgrenze hinaus verlängert, oder bei sehr niedrigem Mitteldruck in Folge vorausgegangener frequenter Einblasungen. Dann ist aber die Drucksteigerung durch die Kohlensäure leicht von der unmittelbar nach der Exspiration eintretenden Wiederhebung des Drucks zu scheiden. Ersterer tritt stets erst nach längerem Intervall auf und ist von letzterer durch eine längere horizontale Strecke in der Curve geschieden. Auch zeichnet sich die Kohlensäureascension durch das bekannte rasche Wachsen der systolischen Druckschwankungen aus.

Dieses von uns bei langer Exspirationspause beobachtete Verhalten des Blutdrucks stimmt übrigens im Wesentlichen vollkommen mit dem überein, welches Traube als die Norm bei seltenen Einblasungen (9—12 in der Minute) von Hunden beschreibt und abbildet[1]).

Nicht minder lehrreich und beweiskräftig für unsere Theorie ist endlich das Verhalten des Blutdrucks bei Inspirationspausen, d. h. wenn man die Lungen am Ende der Aufblasung durch Zuklemmung des zur Trachea führenden Schlauches kürzere oder längere Zeit im aufgeblasenen Zustand verharren und dann erst die Exspiration sich anschliessen lässt. Von diesem Verhalten bei längeren 6—8 Sek. dauernden Inspirationspausen giebt Fig. 2 eine klare Vorstellung. Im Anfang der Pause erreicht der Druck rasch sein inspiratorisches Maximum, sinkt dann ziemlich rasch bedeutend unter den Mitteldruck, steigt dann allmälig wieder bis zum Mitteldruck oder darüber, um in dieser Höhe, ohne durch die eintretende Exspiration verändert zu werden, zu verharren, bis eine neue Inspiration ihn wieder rasch elevirt. Das erklärt sich zwanglos auf folgende Weise. Nachdem der Druck durch die Auspressung der während der Aufblasung verengten Lungencapillaren zu seinem Maximum erhoben ist, macht sich die erhebliche Beschränkung der Nachlieferung von Blut aus dem rechten zum linken Herzen durch das in Verengerung verharrende Lungencapillargebiet geltend. Das linke Herz erhält weniger Blut, der Druck in der Aorta muss sinken. Gleichzeitig bewirkt aber die Beschränkung des Abflusses aus dem rechten Herzen eine wachsende Stauung des Blutes in demselben und dem einmündenden Venensystem. Diese veranlasst ihrerseits das rechte Herz zu ausgiebigerer Arbeit, durch welche

---

1) Traube, Gesamm. Beitr. Bd. I, pag. 310.

es sich des Blutüberschusses entledigt, indem es ihn mit erhöhtem Kraftaufwand durch die Lungencapillaren unter Ausdehnung derselben hindurch zwängt. Der Druck in der Aorta muss demnach wieder steigen. Sind aber die Lungencapillaren durch diesen Ueberdruck a tergo ausgedehnt, so fällt die Wiedererweiterung durch den folgenden exspiratorischen Collaps der Lunge, mithin dessen deprimirende Wirkung auf den Blutdruck weg. Die Stauung des Blutes im rechten Herzen macht sich auch darin geltend, dass nach solchen Inspirationspausen der Mitteldruck in der Aorta etwas erhöht ist, jedoch nach ein bis zwei Einblasungen wieder auf seinen ursprünglichen Werth herabsinkt. An eine Herbeiziehung einer Kohlensäurewirkung zur Erklärung des erörterten Verhaltens, insbesondere der Wiederhebung des Drucks nach der ersten tiefen Depression ist gewiss bei einer Inspirationspause noch viel weniger zu denken, als bei den Exspirationspausen, da ja bei ersteren das Blut mit dem eingepumpten Luftvorrath in den Lungen in Verkehr bleibt. Ausserdem tritt auch hier das Anwachsen des Drucks viel zu früh und ohne merkliche Veränderung der systolischen Druckschwankungen ein.

Schaltet man bei einer regelmässigen Reihenfolge mässig häufiger Einblasungen jedesmal zwischen In- und Exspiration eine kurze, etwa sekundenlange Inspirationspause ein, so erhält man regelmässige Blutdruckschwankungen von der Fig. 6 abgebildeten Form. Sie unterscheiden sich von den unter gleichen Bedingungen ohne eingeschaltete Pause erhaltenen Wellen, wie im Vergleich mit Fig. 5, welche von demselben Thier unmittelbar vor den in Fig. 6 dargestellten Verhältnissen erhalten worden ist, durch folgende Eigenthümlichkeiten. Erstens ist der Umfang der Schwankungen beträchtlicher, zweitens fällt das Druckmaximum nicht in die Exspirationsphase, sondern in die Inspirationspause, und drittens ist der Mitteldruck herabgesetzt. Der Commentar dieser Differenzen ergiebt sich von selbst aus unserer Anschauung, so dass wir uns nach den soeben für längere Inspirationspausen gegebenen Erläuterungen eine Recapitulation ersparen können. Das Sinken des Mitteldrucks ist die Folge der in regelmässiger Folge wiederkehrenden vorübergehenden Beschränkungen des Blutdurchflusses durch die in Verengerung verharrenden Capillaren, welche bei gewöhnlicher Ventilation in Folge des unmittelbaren Anschlusses der Exspiration an die Inspiration wegfallen.

Wir haben versucht auch bei natürlicher Athmung das

bei künstlicher Ventilation constatirte Verhalten des Blutdrucks während einer Inspirationspause zur Erscheinung zu bringen, indem wir durch Reizung der centralen Enden der tief am Halse durchschnittenen Vagi die Athmung im Inspirationsstadium zu arretiren versuchten. Allein erstens gelang es nicht immer, einen solchen Stillstand anhaltend herbeizuführen und zweitens zeigten sich, wie von vornherein zu erwarten war, in so mächtiger Weise die bekannten reflectorischen Wirkungen der Vagusreizung auf das Gefässnervensystem, mithin auf den Blutdruck, welche noch dazu durch die besonders von Latschenberger und Deahna[1]) näher untersuchte Interferenz der im Vagus enthaltenen pressorischen und depressorischen Fasern complicirt wurden, dass nothwendigerweise die nach unserer Theorie vorausgesetzte Wirkung der Capacitätsänderung der Lungencapillaren verdeckt werden musste. Den Versuch einer Ausschaltung des Gefässnervensystems durch Markdurchschneidung haben wir aus oben besprochenen Gründen bisher versäumt.

Wir glauben somit mit voller Schärfe erwiesen zu haben, erstens dass die theoretisch vorausgesetzten Capacitätsänderungen des Lungencapillarsystems bei der inspiratorischen Erweiterung und exspiratorischen Verengerung der Lungen factisch eintreten, zweitens dass sie den ebenfalls a priori abgeleiteten Einfluss auf die Blutmengen, welche die Lungen dem linken Herzen während des Ablaufs der Respirationsphasen zuführen, factisch ausüben und drittens, dass zunächst bei künstlicher Athmung und offenem Thorax die thatsächlichen respiratorischen Schwankungen des arteriellen Blutdrucks nicht allein vollständig unter allen variablen Verhältnissen aus diesem Einfluss sich erklären, sondern auch alle anderen zu ihrer Erklärung benutzten Momente sich ausschliessen lassen. Eine Uebertragung unserer Erklärung auf die bei geschlossenem Thorax auftretenden Veränderungen des Blutdrucks durch die künstliche Ventilation kann nicht dem mindesten Bedenken unterliegen, da diese Veränderungen mit Ausnahme der schon besprochenen und erklärten quantitativen Differenzen in jeder Beziehung und unter allen Bedingungen den bei offenem Thorax beobachteten conform sind. Wir tragen aber auch nicht das leiseste Bedenken, unsere Erklärung auch auf die respiratorischen Blutdruckschwankungen bei natürlicher Athmung zu übertragen. Es

1) Latschenberger u. Deahna, Arch. f. d. ges. Phys. Bd. XII, pag. 157.

kann keinem Zweifel unterliegen, dass die mit physikalischer Nothwendigkeit durch jede Ausdehnung der Lunge bewirkte Capacitätsverminderung der Lungencapillaren auch eintreten muss, wenn diese Ausdehnung durch negativen Druck von aussen her ins Werk gesetzt wird. Ebenso zweifellos muss sie auch in letzterem Falle in dem gleichen Sinne auf den Lungenblutstrom wirken, wie die durch positiven Bronchialdruck bewirkte Ausdehnung. Die Uebereinstimmung der Bedingungen bei beiden Ausdehnungsmodis der Frage wird noch vollkommener, wenn Quincke und Pfeiffer Recht haben mit der Behauptung, dass auch bei negativer Lungenausdehnung eine Differenz des auf der alveolaren und pleuralen Fläche der Capillarenwandung ruhenden Drucks eine Capacitätsverminderung durch Compression der Capillaren während der Inspiration bewirken müsse. Da nun die Schwankungen des arteriellen Drucks bei der natürlichen Athmung ganz in demselben Sinn und in denselben zeitlichen Beziehungen zu den Athmungsphasen verlaufen, wie bei künstlicher Ventilation, scheint es nicht nur gerechtfertigt, sondern geboten, die gleiche Erscheinung unter nachweisbar gleichen Bedingungen in beiden Fällen auch auf die gleiche Ursache zurückzuführen, anstatt für die natürliche Athmung trotz des Vorhandenseins des für die künstliche allein wirksamen Moments eine besondere Ursache der respiratorischen Druckschwankungen anzunehmen.

Wir fassen daher das Resultat unserer Untersuchungen und Folgerungen dahin zusammen, dass bei der natürlichen wie bei der künstlichen Athmung die wesentliche Ursache der respiratorischen Druckschwankungen des Blutes im Aortensystem in dem Capacitätswechsel des Lungencapillarsystems, welche durch die wechselnde Erweiterung und Verengerung der Lungen hervorgebracht wird, zu suchen ist, speciell dass die inspiratorische Drucksteigerung bei beiden Athmungsarten von dem Auspressen des Blutes aus dem sich verengernden Capillarsystem der Lungen nach dem linken Herzen, die exspiratorische Druckerniedrigung von der Blutretention in den sich wieder erweiternden Lungencapillaren herrührt. Bei der natürlichen Athmung combiniren sich in verschiedenem Grade und verschiedenem Sinn mit diesem wesentlichen Moment als accessorische Momente die respiratorischen Aenderungen der Druckverhältnisse im Thoraxraum und unter Umständen Aenderungen in der Schlagfolge des Herzens.

Ueber die Athembewegungen der Reptilien.

Von

Dr. **Carl Heinemann**
in Vera Cruz.

Bekanntlich gibt es zwei Typen der Lungenrespiration bei Wirbelthieren, von denen der eine als der der Saugpumpe, der andere als der der Druckpumpe bezeichnet werden kann. (Pompe aspirante et foulante der französischen Autoren.) Der letztere ist charakteristisch für die Batrachier, über die Rolle, welche er bei den Reptilien spielt, sind die Meinungen getheilt. Ich brauche nur drei ausgezeichnete Forscher der neuesten Zeit zu citiren. Während Milne Edwards in seinen leçons lehrt, die Inspirationen erfolgen bei Schildkröten auf dieselbe Weise wie bei den Batrachiern, nämlich durch Schluckbewegungen, läugnet Bert (Leçons sur la physiologie comparée de la respiration, Paris 1870) deren Vorkommen bei Reptilien vollständig und Carus sagt in seiner Zoologie, nachdem er über die Exspiration bei Schildkröten und Krokodilen gesprochen: bei den übrigen (nämlich Reptilien) werden die geringen Athembewegungen durch die Schlingbewegungen unterstützt. Keinem dieser Autoren kann ich vollkommen Recht geben. Für Schildkröten ist es leicht, die Richtigkeit der Angaben Berts durch Vivisectionen zu bestätigen; man braucht nur durch Entfernung des plastrons, welche sich namentlich an jungen Exemplaren von Chelone leicht ausführen lässt, die Lungen bloszulegen, um sich zu überzeugen, dass das Thier dieselben alsdann nicht mehr mit Luft füllen kann, für die Saurier dagegen haben meine Versuche von denen Berts abweichende Resultate ergeben. So lehrreich seine Experimente mit Marey's registrirendem Apparat auch sind, können sie doch die Beobachtung der Thiere im natürlichen Zustand, wozu sich mir in Vera Cruz reichlich Gelegenheit bietet, namentlich aber Vivisectionen nicht vollkommen ersetzen.

Legt man einer Eidechse durch Eröffnung des Thorax die Lungen blos (ich habe meist an Iguaniden gearbeitet), so sieht man, wie das der Rippenrespiration beraubte Thier durch energische Druckbewegungen der Kehle reichlich Luft in die Lungen pumpt. Ist hiermit auch nicht erwiesen, dass dieser Modus der Respiration der gewöhnliche sei, so ist doch durch diesen ein-

fachen Versuch die Möglichkeit, dass Eidechsen mit Hülfe von Schluckbewegungen athmen können, unwiderleglich festgestellt.

Beobachtet man z. B. eine Iguana in der Ruhe, so bemerkt man häufige Kehlbewegungen, welche aber von Schluckbewegungen wesentlich verschieden sind; reizt man nun das Thier, oder sucht man durch Druck mit beiden Händen die Rippenrespiration zu verhindern, so sieht man sofort energische Schluckbewegungen auftreten, welche mit solcher Kraft ausgeführt werden, dass trotz Gegendruck der Leib sich bis zum höchstmöglichsten Grade aufbläht.

Man findet also bei den Eidechsen beide Respirationstypen vereinigt und sieht man in wechselndem Spiele bald den einen, bald den anderen zur Anwendung kommen, eine Thatsache, die mir schon in Europa nach Beobachtungen an Lacerta viridis und agilis bekannt war. Die Ordnung der Saurier ist aber auch die einzige unter den Reptilien, welche sich dieses Vorzuges erfreut, denn bei Schlangen und Krokodilen findet sich ausschliesslich Rippenrespiration. Interessant ist, dass die früher mit Unrecht zu den Schlangen gerechneten Amphistänen sich auch in Bezug auf Athembewegungen den übrigen Sauriern analog verhalten. Wir wollen nun die verschiedenen Arten der Kehlbewegungen bei Reptilien genauer betrachten. Man muss folgende Hauptgruppen unterscheiden:

1) Leichte Kehlbewegungen, welche mit der Lungenrespiration nichts zu thun haben und die Pausen zwischen den echten Respirationsbewegungen ausfüllen. Dieselben habe ich nur bei den Schlangen vermisst.

2) Kehlbewegungen, welche die Respirationsbewegungen des Rumpfes begleiten und mit ihnen gleichsinnig und fast gleichzeitig stattfinden, also Erweiterung des Kehlsackes bei Inspiration, Verengerung bei Exspiration. Kommen bei Sauriern und Schildkröten vor.

3) Echte Schluckbewegungen, welche fähig sind die Lungenrespiration zu unterhalten. Nur bei Sauriern.

4) Affectbewegungen der verschiedensten Art bei Sauriern und Schildkröten. Hierher gehört das Aufrichten des für gewöhnlich gefalteten Kehllappens bei Iguana, das Aufblähen des in lebhaften Farben glänzenden Kehlsackes bei Anolisarten und anderen etc.

Ausser durch die beschriebenen Kehlbewegungen ist der Respirationsact der Reptilien auch noch durch eine andere Eigenthümlichkeit ausgezeichnet, wie Bert in seinem oben citirten Werk beschrieben und durch zahlreiche Curven erläutert hat. Es traten

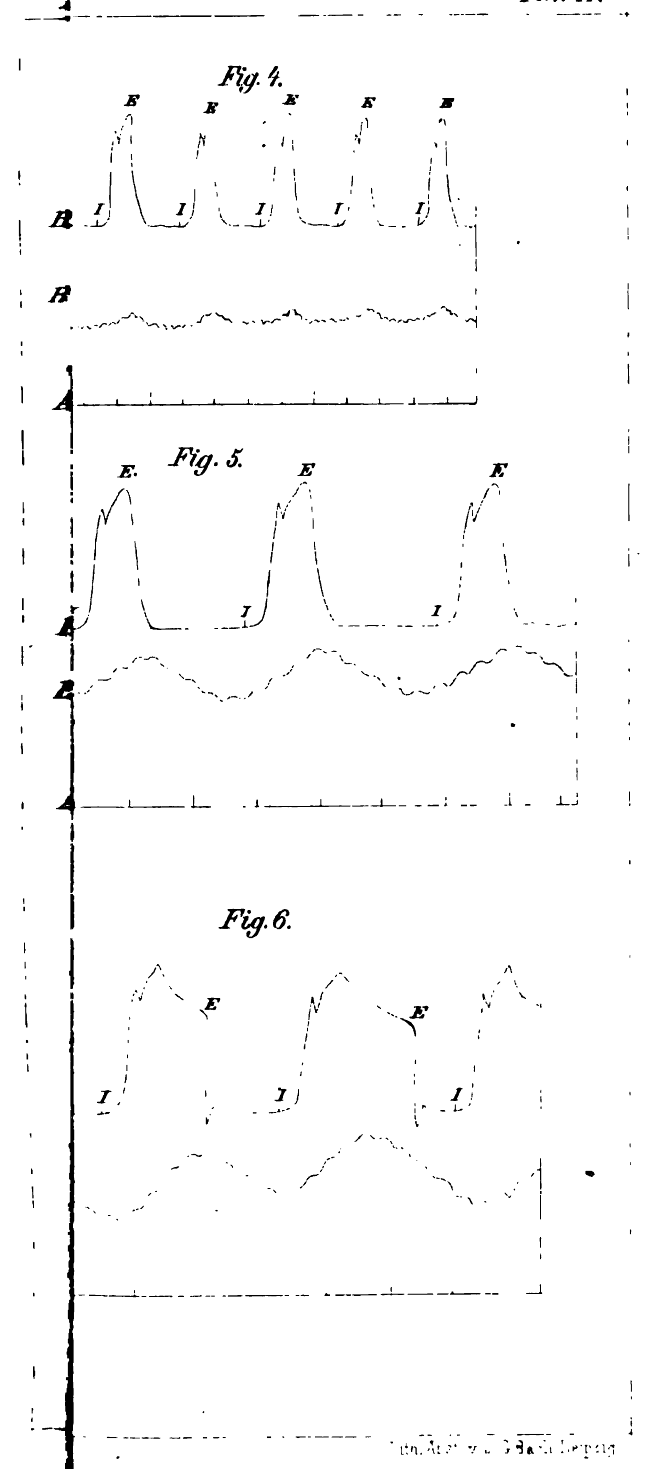
hier nämlich, was beim Frosch schon sehr lange bekannt ist, mehr oder weniger regelmässige, oft sehr lange Pausen in den Respirationsbewegungen ein und zwar finden dieselben nach Bert meist in halber Exspirationsstellung des Rumpfes statt. Die Respirationen würden also nach folgendem Schema vor sich gehen: Pause in halber Exspirationsstellung, sowie sich der während der Pause geschlossene Kehlkopfeingang öffnet halbe Exspiration, welcher blitzschnell Inspiration und dieser wieder sofort halbe Exspiration folgt, Pause und so fort. Der Vorgang ist aber in der That noch viel verwickelter, denn nach meinen sehr zahlreichen Beobachtungen kann die Pause sowohl in vollkommener als halber Exspirations-, ja selbst in vollster Inspirationsstellung stattfinden, was bekanntlich beim Frosch die Regel ist. Dies wechselnde Spiel kommt namentlich bei Eidechsen sehr schön zur Erscheinung, deren Athembewegungen durchaus nicht immer so träge sind, wie man im Allgemeinen annimmt.

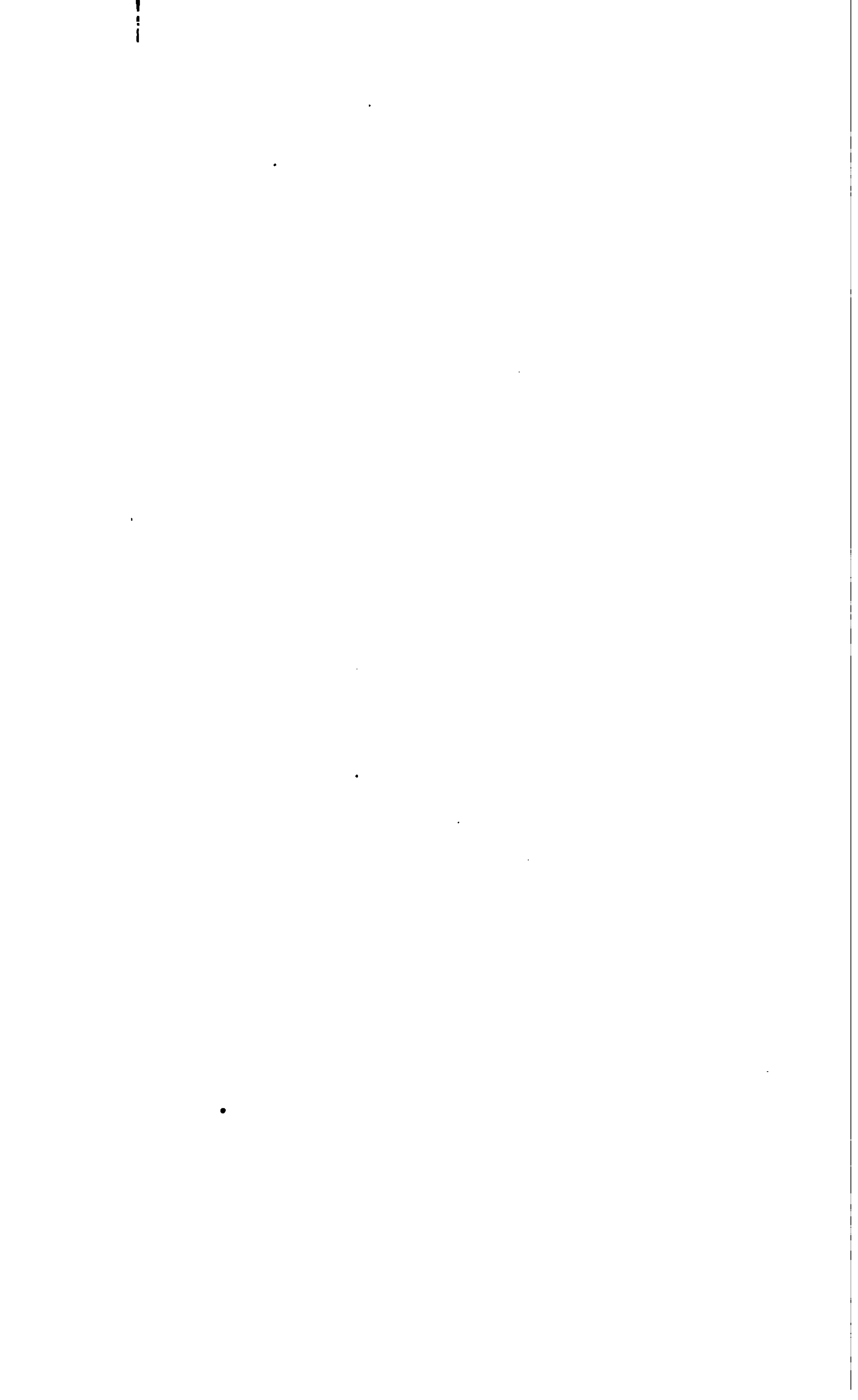
Die Möglichkeit einer Ruhepause in den Respirationsbewegungen hat Bert ganz richtig darauf zurückgeführt, dass der Kehlkopfseingang während derselben vollständig geschlossen ist, über den Mechanismus dieses Verschlusses aber ist er zu einer unrichtigen Anschauung gekommen, indem er denselben als einen activen Zustand, als eine Kraftäusserung von Seiten des Thieres auffasst. Dies ist aber ganz und gar nicht der Fall, wie ich schon früher ausführlich für den Frosch dargelegt habe. (Ueber den Respirationsmechanismus der rana esculenta etc. im 22. Bande des Virchow'schen Archivs, eine Abhandlung, welche Bert offenbar unbekannt geblieben ist.) Die Eröffnung des Kehlkopfeinganges, welchen man streng von der glottis scheiden muss, wird durch besondere Muskeln bewirkt, seine Schliessung erfolgt einfach durch die Elasticität der Giesskannenknorpel, welche in ihre Ruhestellung zurückspringen. Die Verengerer der glottis, wo solche vorhanden, kommen hierbei nicht in Thätigkeit.

Am Schluss dieser Mittheilung will ich noch hinzufügen, dass die Schildkröten nicht stimmlos sind, wie man bisher glaubte, wenigstens machte sich ein Päärchen von Testudo, die ich mehrere Jahre lang in meinem Hause hielt, in der Begattungszeit durch Laute bemerklich, welche denen unserer Unke gleichen. Es haben also unter den Reptilien nicht allein die Geckos das Vorrecht, Kehlkopfslaute auszustossen.

Vera Cruz, den 17. Juli 1877.

Taf. IV.





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

ZEHNTES HEFT.

MIT 1 HOLZSCHNITT.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN

(FR. COHEN).



Ausgegeben den 15. October 1877.

Inhalt.

Ueber die Kryptophansäure, einen normalen Bestandtheil des Menschenharns.

Von

J. L. W. Thudichum
in London.

Inhalt.

1. Einleitung.

Ich habe diese Säure um 1865 entdeckt, und zuerst im „Appendix to the Twelfth Report of the Medical Officer of the Privy Council“ 1869. p. 280, und im „Journal of the Chemical Society“ 23 (1870) 116 beschrieben. Einen Auszug aus dieser Arbeit theilte ich im „Centralblatt für die Mediz. Wissensch.“ mit. Auch übersandte ich einen Auszug an Liebig, welcher denselben der K. Bayr. Akademie der Wissenschaften zu München mittheilte und vor derselben besprach; der Auszug wurde dann auch in den Berichten der Akademie gedruckt. Ausser diesen kurzen Notizen ist in Deutschland kaum etwas über meine Untersuchung veröffentlicht worden.

Von Vorgängern habe ich Nichts zu erwähnen da alle Versuche die Extractivstoffe des Harns zu isoliren, welche vor mir gemacht worden sind, soviel mir bekannt ist ohne nennenswerthes Resultat geblieben sind. Was ich über dieselben ermitteln konnte, habe ich im 19. Paragraphen, p. 292 des oben angeführten Appendix angeführt. Die Aeusserungen, welche Andere seit Veröffentlichung meiner Arbeit über den Gegenstand gemacht haben, sind einer weiteren Beachtung nicht würdig.

2. Methode die Kryptophansäure aus frischem Menschenharn vermittelst Kalk und Alkohol zu isoliren.

Der Harn wird mit Kalkmilch alkalisch gemacht, filtrirt und verdampft. So oft sich ein störender Absatz bildet, wird er abfiltrirt. Das Filtrat wird mit Essigsäure angesäuert, und zur Krystallisation verdampft. Beim langsamen Erkalten und Stehen setzt die Flüssigkeit einen Krystallkuchen ab, von dem man sie abgiesst und filtrirt.

Ein Volum dieses Syrups wird nun mit fünf Volumen Alkohols von 90%, oder mit vier Volumen von 95% gemischt und in einer gestöpselten Flasche geschüttelt, wodurch ein voluminöser, flockiger Niederschlag entsteht, der sich schnell an den Wänden der Flasche fest setzt. Die Flüssigkeit wird dann abgegossen, und der Niederschlag mit einer kleinen Menge Alkohols abgewaschen. Erwärmt man nun die Flasche mit dem Niederschlag, so zieht sich derselbe zusammen, und lässt viel Alkohol frei werden. Man kann nun diesen Niederschlag in Wasser lösen, vom Unlöslichen abfiltriren, und nach genügender Concentration wieder mit Alkohol

fällen. Durch öftere Wiederholung dieses Processes erhält man schon ziemlich reinen kryptophansauren Kalk, jedoch gemischt mit Kalisalz. Es ist daher nöthig eine der folgenden Methoden zur Reinigung des Rohproducts in Anwendung zu ziehen.

3. Reinigung vermittelst Bleizuckerlösung.

Das rohe Salz, wie es aus dem Alkohol niederfällt, wird in Wasser gelöst, und dann mit einem grossen Ueberschuss einer beinahe oder vollständig gesättigten Lösung von Bleizucker behandelt und in einer Flasche tüchtig geschüttelt. Die Mischung wird filtrirt. Das Filtrat ist beinahe oder ganz farblos, während der voluminöse Niederschlag, der auf dem Filter zurückbleibt, dunkel gefärbt ist. Man wascht mit etwas Bleizuckerlösung nach, und fügt das Ablaufende zum ersten Filtrat.

Zu diesem Filtrat, welches hauptsächlich eine Lösung aus kryptophansaurem Blei in essigsaurem Blei darstellt, fügt man nun Alkohol von wenigstens 95% so lange ein Niederschlag entsteht. Ein Volum des Filtrats erfordert meist fünf oder sechs Volumina Alkohol. Es entsteht ein reichlicher Niederschlag von vollständig weissem kryptophansaurem Blei. Er wird auf dem Filter gesammelt, mit Alkohol, Wasser, Alkohol und zuletzt mit Aether gewaschen, vom Filter weggenommen und im Vakuum getrocknet. Während des Trocknens nimmt er eine gelbliche Farbe an. Man kann den Niederschlag auch mit Wasser waschen, ohne Alkohol anzuwenden, erhält aber dadurch leicht basisches Salz, während Kryptophansäure als saures Salz verloren geht. Sollte der feuchte Niederschlag noch Phosphorsäure enthalten, so zersetzt man ihn mit Schwefelsäure, und behandelt die freie Säure mit Barytwasser im Ueberschuss, und dann die Mischung mit einem Strom Kohlensäure; das concentrirte Baryumsalz wird wieder mit Alkohol gefällt, und dann noch einmal mit Bleizuckerlösung, wie das Kalksalz behandelt. Das Filtrat liefert dann mit Alkohol ganz weisses und reines kryptophansaures Blei.

4. Reinigung vermittelst essigsauren Kupfers.

Zu der Lösung des rohen Kryptophanates fügt man einen Ueberschuss einer concentrirten Lösung von essigsaurem Kupfer, wodurch ein voluminöser schmutzig-grüner Niederschlag und eine grünlich-blaue Lösung gebildet wird. Nach Trennung beider durch

Filtration fügt man fünf bis sechs Volumina Alkohol von 95% zum Filtrat, und erzeugt dadurch einen voluminösen grünlichblauen Niederschlag von kryptophansaurem Kupfer. Derselbe wird abfiltrirt, mit Alkohol gewaschen und im Vakuum getrocknet. Um das Kupfersalz sogleich frei von Kalk und Natronsalz zu erhalten, ist es nöthig den Ueberschuss des essigsauren Kupfers so zuzumessen, dass die Mutterlauge noch blau ist, nachdem aller Niederschlag, den Alkohol darin hervorbringen kann, entfernt ist. Im frisch gefällten Zustand ist das kryptophansaure Kupfer löslich in Wasser; nach dem Trocknen aber ist es darin unlöslich. Unter gewissen Umständen hält es Alkohol in chemischer Verbindung zurück.

Aus dem Kupfersalz kann man die freie Kryptophansäure durch Zersetzung mit Hydrothion erhalten. Sie hält aber alsdann meist etwas Schwefel hartnäckig zurück. Von diesem kann man sie sicher durch Auflösen in überschüssigem Bleizucker und Erwärmen befreien; man filtrirt das Schwefelblei ab, fällt mit Alkohol, zersetzt den Niederschlag in Wasser genau mit Schwefelsäure und verdampft die Lösung der freien Säure bei gelinder Wärme, zuletzt in der Leere über Schwefelsäure.

5. Methode die Kryptophansäure aus Harn ohne Anwendung von Wärme darzustellen.

Die verdünnte freie Säure und ihre sauren Salze werden durch Wärme und Luft wenig angegriffen, allein neutrale und alkalische Lösungen, namentlich wenn sie noch unrein sind, werden durch diese Einflüsse dunkel gefärbt. Es war deshalb wünschenswerth die Säure durch Methoden aus dem Harn darstellen zu können, welche die Anwendung der Wärme ausschliessen.

Der filtrirte Harn wird mit Bleizucker behandelt solange ein Niederschlag entsteht. Erfahrung lehrt, dass zu jedem Liter Harn von gesunden Männern ungefähr 40 Cc. einer bei 9°,5 C. gesättigten Bleizuckerlösung gesetzt werden können, und dass der alsdann entstehende Niederschlag hauptsächlich aus Phosphat und Sulphat, mit nur Spuren von organischer Materie besteht. Von einem Liter Harn werden im Durchschnitt 6,2 Grm. trockner Bleisalze erhalten. Zu dem Filtrat fügt man jetzt etwas Ammoniak, und dann etwas mehr Bleizucker, so dass ein reichlicher Niederschlag entsteht. Derselbe wird in einem baumwollenen Spitzbeutel

gesammelt, gepresst, mit Wasser gewaschen und abermals filtrirt und abgepresst. Er wird nun mit Schwefelsäure in schwachen Ueberschuss zersetzt; das Filtrat ist gelb, und zeigt vor dem Spectroscop ein breites Absorptionsband im Blau nach Grün zu. Es wird jetzt mit kohlensaurem Baryt und ein wenig Barytwasser behandelt und filtrirt. Die Lösung wird nun mit sechs oder mehr Volumen absoluten Alkohols gemischt; der kryptophansaure Baryt wird gefällt, während andere Materien in Lösung bleiben. Er wird abfiltrirt, in der Leere von Alkohol befreit, in Wasser gelöst, mit Bleizuckerlösung gefällt ohne jetzt schon Ueberschuss anzuwenden. Der Bleiniederschlag wird auf dem Filter gesammelt, und erst jetzt mit Ueberschuss von Bleizuckerlösung behandelt, und die Lösung abfiltrirt. Das Filtrat wird mit fünf Volumen absoluten Alkohols gefällt; weisses kryptophansaures Blei fällt nieder. Es wird mit Alkohol, Wasser, Alkohol und Aether gewaschen und in der Leere getrocknet.

6. Allgemeine chemische Eigenschaften der Kryptophansäure und ihrer Salze.

Im trocknen Zustande ist die Säure eine amorphe, durchscheinende, gummiartige Masse, beinahe ganz oder ganz farblos. Sie ist in allen Verhältnissen in Wasser löslich. In Alkohol ist sie viel weniger löslich, am wenigsten in Aether. Sie hat einen rein sauren Geschmack, und zersetzt die kohlensauren Alkalien und Erden unter Aufbrausen, indem sie die betreffenden Salze bildet.

Die wässrige Lösung der freien Säure gibt mit Bleizuckerlösung einen dicken Niederschlag. Sie wird ebenfalls durch essigsaures Quecksilberoxyd gefällt; Silbernitrat verursacht nur einen schwachen Niederschlag.

Merkuri-Chlorid und Kupfer-Acetat geben keine Fällung mit der freien Säure.

Der Niederschlag, welchen Bleizucker in der wässrigen Lösung der freien Säure erzeugt, ist im Ueberschuss der Bleizuckerlösung löslich.

Die wässrigen Lösungen der Alkali- und alkalischen Erdsalze der Kryptophansäure werden durch einen Ueberschuss starken Alkohols gefällt. Diese Niederschläge werden beim Erhitzen etwas gefärbt und schmelzen, werden aber zuletzt trocken und brüchig

und lassen sich pulvern, worauf sie scheinbar unveränderlich aufbewahrt werden können. Die wässrigen Lösungen dieser Salze werden gefällt von Bleizucker, welcher einen im Ueberschuss löslichen Niederschlag hervorbringt

durch Merkuri-Acetat, weiss,
durch Merkuri-Nitrat, weiss, voluminös,
durch Silber-Nitrat, weiss, voluminös.

Der Umstand, dass die Kryptophansäure das Merkuri-Nitrat fällt, afficirt die Richtigkeit der Liebig'schen Harnstoffanalyse ein wenig, aber wohl nicht in der Weise, dass der Werth der Analyse als Stickstoffbestimmung dadurch vermindert wird.

Jod in einem Jodid gelöst, oder Brom, bringt in einer Auflösung der Säure oder eines ihrer Alkalisalze einen Niederschlag hervor, wenn die Lösung genügend concentrirt war. Die Flüssigkeit enthält Wasserstoffsäure des betreffenden Metalloids.

Werden die Salze der Kryptophansäure erhitzt, so entwickeln sie saure Dämpfe, aber keinerlei urinösen Geruch, wie ihn z. B. Omicholin in so hohem Grade zeigt. Es bleibt ein kohliger Rückstand, der nicht gerade leicht zu verbrennen ist.

Die Kryptophansäure verhindert die Fällung des Eisenoxyds aus alkalischen Lösungen für einige Zeit. Aehnlich der Oxalsäure hält sie Königsblau bei Gegenwart von freier Salzsäure in Lösung.

Eine Ammoniaklösung von Silbernitrat wird durch Zusatz von kryptophansaurem Ammoniak augenblicklich sehr dunkel. Beim Erhitzen wird sie schwarz und setzt metallisches Silber als schwarzes Pulver ab; die Lösung bleibt beim Verdünnen roth.

Ganz reine Kryptophansäure, oder ihr reines Barytsalz mit Ueberschuss von kaustischem Baryt, über Quecksilber mit Sauerstoff zusammengebracht, nimmt nichts von diesem Gas auf.

7. Kryptophansaures Blei, $C_5H_7PbNO_5$.

Die Darstellung dieses Salzes ist bereits oben beschrieben worden.

Die Analyse des in der Leere getrockneten Salzes ergab 53,07 Procent Pb. Die Formel $C_5H_7PbNO_5 + H_2O$, erfordert 53,62 Procent Pb.

Die Verbindung wurde nun bei 105° getrocknet und gab dann bei der Analyse die folgenden Resultate.

Berechnet				Gefunden			
Atome			Procente	1	2	3	4
5	C	60	16,30	—	15,69	—	—
7	H	7	1,90	—	1,89	—	—
	Pb	207	56,25	55,72	—	—	55,73
	N	14	3,80	—	—	2,89	—
5	O	80	21,75	—	—	—	—
		368	100,00				

8. Basisches Kryptophansaures Blei.

Wenn man das neutrale Salz lange mit Wasser wascht, so verliert es ein Drittel seiner Säure und es bleibt eine Verbindung von der Zusammensetzung 2 ($C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}$) Pb O.

Theorie				Gefunden			
Atome			Procente	1	2	3	4
20	C	240	14,16	13,05	—	—	—
28	H	28	1,65	1,75	—	—	—
5	Pb	1035	61,06	—	61,2	60,61	60,44
4	N	56	—	—	—	—	—
20	O	336	—	—	—	—	—
		1695					

Die Analysen unter 1 und 2 sind an demselben Präparat, die Analyse unter 3 ist an einem zweiten Präparat, die unter 4 an einem dritten Präparat ausgeführt worden. Dieses dritte Präparat war vermittelst des Eisenchlorid und Barytprocesses dargestellt worden. Der Baryt wurde durch Schwefelsäure entfernt, und die freie Säure wurde dann mit Bleizucker und Alkohol behandelt wie oben beschrieben ist. Das Salz wurde dann mit viel kaltem Wasser gewaschen.

0,0712 gaben 0,0630 Pb SO_4 = 60,44 Proc. Pb.

9. Dreisaturniges Kryptophanat, erhalten durch Fällung mit Bleizucker aus der alkoholischen Mutterlauge des neutralen Baryumsalzes.

Es war wünschenswerth zu ermitteln, welche Art und Menge von Salz in der alkoholischen Mutterlauge zurückbleibt, die entsteht, wenn eine concentrirte Lösung von Baryum-Kryptophanat durch Alkohol gefällt wird. Es wurde daher Bleizucker zu der Lösung gesetzt, und der entstandene Niederschlag abfiltrirt. (Ueberschuss von Bleizucker löste den Niederschlag wieder in derselben Flüssigkeit, in welcher er entstanden war.) Bei 110° getrocknet.

0,3418 gaben 0,2432 $PbSO_4$ = 48,67 Proc. Pb.

0,2798 gaben 0,2012 $PbSO_4$ = 49,12 Proc. Pb.

Es war diess daher die Form des Bleisalzes, welche in Wasser löslich ist und durch Alkohol gefällt wird; dieselbe, welche wie im folgenden gezeigt werden wird, durch Kochen des neutralen Salzes mit Wasser entsteht.

10. Einfluss des Wassers und der Kochhitze auf das Bleisalz der Kryptophansäure.

Ich hatte bei verschiedenen Gelegenheiten beobachtet, dass lange fortgesetztes Waschen mit Wasser, und in geringerem Grade Waschen mit Alkohol, eine Veränderung in dem Bleisalz zu Stande brachte, die sich durch eine Vergrösserung des Bleigehaltes im Vergleich zur organischen Materie zu erkennen gab. Die Anwendung von Wärme schien diesen Effeot zu vergrössern. Die folgenden Experimente wurden daher angestellt um Natur und Ausdehnung der Wirkung zu ermitteln.

Erstes Experiment. Eine gewisse Menge Blei-Kryptophanat, dargestellt vermittelst des Bleizucker- und Alkohol-Processes, aus Harnextract, welches in der Kälte mit Kalkmilch behandelt worden war, wurde zweimal mit Alkohol von 90 Proc. gewaschen, im Dampfofen getrocknet, und dann bei 120° vollständig ausgedörrt.

0,0704 gaben 0,0596 $PbSO_4$ = 57,83 Proc. Pb.

0,0514 gaben 0,0434 $PbSO_4$ = 57,68 Proc. Pb.

Neutrales Kryptophanat verlangt 56,25 Proc. Pb. 9,62 Grm. dieses trocknen Salzes wurden nun mit 150 Cc. Wasser während zwei und einer halben Stunde gekocht, und dann filtrirt.

A. Der ungelöste Rückstand wog 4,69 Grm. und hatte eine braune Farbe.

0,0978 bei 120° getrocknet gaben 0,0934 $PbSO_4$ = 65,24 Proc. Pb.

0,1433 gaben 0,1381 Pb So_4 = 65,84 Proc. Pb.

Mittel der beiden Bestimmungen 65,44 Proc. Pb.

$C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}$ + PbO erfordert 64,75 Proc. Pb.

B. Die Lösung war alkalisch und klar, hatte aber einen Stich ins Bräunliche. Beim Abkühlen setzte sie einen bräunlichen Niederschlag ab, welcher 0,0306 Grm. wog, bei 120° getrocknet, beim Verbrennen mit Schwefelsäure 0,0225 Pb SO_4 lieferte, und folglich 50,23 Proc. Pb enthielt. Beim Stehen bildete sich in der Flüssigkeit ein zweiter kleiner Niederschlag, welcher entfernt

wurde. Die Lösung wurde dann zur Trockne verdampft, gepulvert und stark ausgedörrt. Das beinahe weisse Pulver wog 3,15 Grm.

0,0494 gaben 0,0355 $PbSO_4$ = 49,77 Proc. Pb.

Ein Salz von der Formel $C_{20}H_{30}Pb_3N_4O_{20}$, oder $C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}$ + $C_{10}H_{16}PbN_2O_{10}$ fordert 49,01 Proc. Pb.

Bei längerem Aufbewahren schmolz dieses Salz zu einem braunen, durchscheinenden, harten Firniss; nach mehrjährigem Aufbewahren in diesem Zustande hatte es seine Löslichkeit in Wasser beinahe vollständig behalten; nur ein Theil war zersetzt und liess freies Bleioxyd (oder Carbonat?) löslich in Essigsäure.

Zweites Experiment. Das vorstehende Experiment wurde an einem zweiten Präparat wiederholt, und ergab dieselben Erscheinungen. Der Niederschlag, welcher sich in dem Filtrat beim Abkühlen bildete, löste sich vollständig wieder bei erneutem Erhitzen, und fiel abermals beim Abkühlen. Da im ersten Experiment ermittelt worden war, dass der geringe Niederschlag, welcher sich beim Abkühlen in der Flüssigkeit bildete, dieselbe Zusammensetzung hatte wie das in der Flüssigkeit gelöst bleibende Salz, so wurde er in diesem zweiten Experiment nicht entfernt. Die Flüssigkeit wurde durch Erhitzen aufgeklärt, mit Alkohol gefällt und der Niederschlag getrocknet und analysirt.

0,0494 gaben 0,0355 $PbSO_4$ = 49,09 Proc. Pb.

Theorie. Die Spaltung des neutralen oder vierbasischen Salzes in ein überbasisches und ein dreibasisches Salz durch Kochen mit Wasser kann nach folgender Gleichung stattfindend gedacht werden:

$$3\,(C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}) + H_2O =$$
$$(C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10} + PbO) + (C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10} + C_{10}H_{16}PbN_2O_{10}).$$

Nach dieser Hypothese hätte man ungefähr drei Gewichtstheile hyperbasischen Salzes auf vier Gewichtstheile löslichen Salzes erhalten sollen; allein die erhaltenen Verhältnisse waren umgekehrt. Diess wird durch einen Verlust durch Aufschäumen während des Kochens, und durch zwei Filtrationen sekundärer Niederschläge erklärt.

Es ist möglich, dass in der Reaction mit den im obigen eingehaltenen Verhältnissen von Ingredienzien die Zersetzung nicht über die angegebenen Resultate hinaus geht, selbst wenn man das Kochen länger fortsetzte. Es könnte aber möglicherweise anders sein wenn man entweder das überbasische Salz mit frischem

Wasser behandelte, oder die Lösung des dreibasischen Salzes mit mehr Wasser verdünnte. In diesem Falle könnte das basische Salz noch basischer werden, und das dreibasische Salz könnte sich in ein unlösliches vierbasisches und ein lösliches zweibasisches Salz spalten. Dieser letztere Process scheint wirklich während des Waschens mit Wasser, wenn dasselbe lange fortgesetzt wird, stattzufinden (s. basisches kryptophansaures Blei, p. 439) so dass nur ein halb-hyperbasisches (und nicht ein hyperbasisches, wie beim Kochen) erhalten wird.
$3(C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}) + H_2O = [2(C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}) + PbO]$ (halb-hyperbasisch unlösliches Salz) + $(C_{10}H_{16}PbN_2O_{10})$ (saures zweibasisches Salz). Von diesen geht nur das letztere in Lösung.

Ich will das halbe Atom, oder Aequivalent, Blei Saturnum nennen, mit Verbindungsgewicht 103,5, und Symbol pb; und ein Salz welches zwei, drei u. s. w. Aequivalente enthält, zwei-, drei- u. s. w. saturnig, um die Aequivokation zu vermeiden, welche das Wort „basisch" in die Begriffe einführt um die es sich hier handelt, da es nicht zwischen gesättigten und ungesättigten Basicitäten unterscheidet. Allein wo immer die Reactionen es nicht erfordern, werde ich Pb, das Symbol des Atoms, als gleich zweisaturnig setzen. Die Kryptophansäure werde ich durch Formel oder durch das Symbol $\overline{Kr}$ andeuten.

Uebersicht der Bleisalze der Kryptophansäure.

			Blei, Theorie	Blei gefunden
1.	Zweisaturniges	$C_{10}H_{16}Pb\,N_2O_{10}$	38,98	Nicht isolirt
2.	Dreisaturniges	$C_{10}H_{15}\,pb_3N_2O_{10}$	49,01	49,77
3.	Viersaturniges	$C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}$	56,25	55,72—57,83
4.	Fünfsaturniges	$2(C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10})PbO$	61,06	60,90
5.	Sechssaturniges	$C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10} + PbO$	64,75	65,44

Uebersicht aller Bleibestimmungen.

2.	$pb_3\,\overline{Kr}$	50,23—49,77—49,09—49,12—48,67—49,12
3.	$Pb_2\,\overline{Kr} + H_2O$	53,07—54,07—53,16— „ — „ — „
3.	$Pb_2\,Kr$	55,72—55,73—57,83—57,62—57,68— „
4.	$2(Pb_2\,\overline{Kr})\,PbO$	61,20—60,61—59,96—60,59—60,44— „
5.	$Pb_2\,Kr\,PbO$	65,84—65,24— „ — „ — „ — „

11. Kryptophansaures Kupfer mit Alkohol.

Diese Verbindung wurde erhalten wie oben im 4. Paragraphen beschrieben ist. Sie wurde im heissen Schrank getrocknet, gepulvert und dann in der Leere getrocknet.

	Gefunden				
	1.	2.	3.	4.	5.
C	28,95	29,53	—	—	—
H	4,62	4,67	—	—	—
Cu	—	—	24,20	24,67	24,18

Diese Analysen führen zu der Formel $2(C_5H_7CuNO_5) + C_2H_6O$, oder zu $2(C_5H_7CuNO_5) + C_2H_6O + H_2O$.

12. Kryptophansaures Kupfer ohne Alkohol.

Wenn man das im vorigen Paragraphen beschriebene Salz Wasserdämpfen aussetzt, und dann in der Leere trocknet, so verliert es Alkohol und wechselt seine Farbe von hellgrün zu dunkelgrün. In diesem Zustand gibt es bei der Analyse Zahlen, welche zur Formel $C_5H_7CuNO_5$ passen.

Berechnet			Gefunden				
Atome		Procente	1.	2.	3.	4.	5.
5 C	60	26,72	27,09	—	—	—	—
7 H	7	3,12	—	—	—	—	—
Cu	63,5	28,29	—	—	27,50	28,82	28,19
N	14	6,24	—	6,35	—	—	—
5 O	80	35,63	—	—	—	—	—
	224,5	100,00					

Ein zweites Präparat, auf die oben beschriebene Weise dargestellt, wurde mit Wasser befeuchtet und bei 110° getrocknet. 0,0221 gaben 0,0078 CuO gleich 28,19 Procent Cu (Anal. 5).

Trockne Destillation des Kupfersalzes.

8,25 Grm. dieses Salzes wurden der trocknen Destillation aus der Retorte unterworfen und gaben zuerst Wasser ab; dieses wurde aus der Vorlage entfernt. Bei stärkerem Erhitzen gingen schwere weisse Dämpfe über, welche alkalisch waren, nach Cyaniden und Tabacksrauch rochen, und beim Abkühlen weisse Krystalle bildeten. Sie bestanden vielleicht aus Ammonium-Cyanid und Cyanat. Ihre Lösung brauste mit Platinchlorid und gab ein krystallinisches Salz. Neben den Krystallen wurde ein dunkelrothes Oel erhalten, welches mit Salzsäure und Platinchlorid gemischt, das Platin sofort in den metallischen Zustand verwandelte, worauf die Lösung nutzlos war. Das Oel war in Aether löslicher als die Krystalle, so dass eine Trennung der beiden Producte durch ihn bewerkstelligt werden konnte.

13. Verhalten der Kryptophansäure zu Hydrothion, wenn sie vermöge desselben aus Blei- oder Kupfersalz in Freiheit gesetzt wird.

Frisch dargestelltes kryptophansaures Blei, mit Alkohol gewaschen, wurde mit Wasser gekocht (wie im § 10 beschrieben ist) und dadurch in basisches und saures Salz gespalten. Das letztere Salz wurde durch Alkohol gefällt, und enthielt 49,09 Procent Pb. Es wurde in Wasser mit Hydrothion behandelt, und die freie Säure abfiltrirt. Nachdem der Ueberschuss des Hydrothions durch Kochen entfernt worden war, wurde die Lösung auf Schwefelsäure geprüft, allein das Resultat war ganz negativ. Die Säure wurde nun zur Trockne verdampft. Eine Probe dieses Rückstandes in Wasser aufgelöst, gab jetzt Reaction auf eine Spur Schwefelsäure. 0,1510 Grm. des trocknen Rückstandes wurden mit Salpeter und Kali-Karbonat deflagrirt; der aufgelöste Rückstand mit Salzsäure angesäuert, und mit Baryum-Chlorid versetzt gab einen Niederschlag von Baryumsulphat, welcher 0,0240 Grm. wog. Diess entspricht 2,18 Procent Schwefel in der freien Säure. Es geht daraus hervor, dass wenn Bleikryptophanat durch Hydrothion zersetzt wird, Schwefel in irgend einer Form in einen Theil der Säure eintritt.

Die auf diese Weise dargestellte schwefelhaltige Säure war eine zerfliessliche unkrystallisirbare Masse; sehr löslich in Wasser, und mit Reagenzien sich verhaltend wie folgt. Alkohol gab darin einen flockigen Niederschlag; das alkoholische Filtrat von demselben gab einen weiteren Niederschlag mit Aether. Essigsaures Kupfer gab darin keinen Niederschlag; Bleizucker gab einen Niederschlag der sich im Ueberschuss löste. In dieser Lösung entstand durch Alkohol der bekannte Niederschlag. Neutrales Eisenchlorid gab einen geringen Niederschlag.

Die feste Säure wurde nun an einem vor Staub geschützten Orte während eines Monats der Luft ausgesetzt. Sie schmolz während dieser Zeit zu einem dicken Syrup, welcher nach dem Verdünnen mit Chlorbaryum einen Niederschlag von Sulphat gab. Es ist daher wahrscheinlich dass der der Kryptophansäure anhängende Schwefel unter dem Einfluss der Luft ganz oxydirt wird.

Die Anwesenheit von Schwefel in der aus Metallsalzen durch Schwefelwasserstoff freigesetzten Kryptophansäure kann auch auf folgende Weise sichtbar gemacht werden. Man verwandle die

freie Säure wieder in Bleisalz, und löse direct in einem Ueberschuss von Bleizucker; man erhitze jetzt die Lösung auf dem Wasserbade während einiger Zeit; ein schwarzer Niederschlag von Schwefelblei wird erscheinen. Setzt man jetzt zu der konzentrirten und filtrirten Lösung Alkohol, so fällt Bleisalz frei von Schwefel nieder.

In Bezug auf diese Frage muss man die grösste Vorsicht üben, da zwei Fehlerquellen einen Irrthum vortäuschen können. Man erhält nämlich zuweilen etwas Bleisulphid aus Bleisalzlösungen, die nie mit Hydrothion in Berührung waren. Hier stammt der Schwefel aus dem Schwefelkörper her, welcher natürlicherweise im Harn enthalten ist. Hat man aber die Kryptophansäure durch den Eisenchlorid und Barytprocess dargestellt, so kann sie eine Spur Schwefel dadurch enthalten, dass der verwandte kaustische Baryt nicht ganz schwefelfrei war, wenn er nämlich aus Sulphid, und nicht aus Nitrat bereitet worden war. Das Verhalten der mit Hydrothion aus Kupfersalz dargestellten Säure ist ganz ähnlich dem der aus Bleisalz dargestellten. 10 Grm. Kupfer-Kryptophanat wurden mit Schwefelwasserstoff zersetzt. Die freie Säure wurde mit einem Ueberschuss von Barytwasser versetzt, filtrirt, und das Filtrat mit Alkohol von 98 Procent gefällt. Das gefällte Barytsalz wurde isolirt, mit Alkohol gewaschen, und in der Leere getrocknet.

0,1585 gaben 0,0847 $BaSO_4$ = 31,41 Proc. Ba.

0,4112 gaben 0,2210 $BaSO_4$ = 31,60 Proc. Ba.

Das Salz wurde jetzt bei 120° getrocknet.

0,2405 wurden zuerst für sich verbrannt, und dann mit Salpetersäure befeuchtet; es schien sich nicht Alles zu lösen; durch Behandlung mit Schwefelsäure und Erhitzen wurden 0,1397 $BaSO_4$ = 34,16 Proc. Ba erhaltene.

Bestimmung des Schwefels. Da im Laufe des vorstehenden Versuchs der Verdacht auf die Gegenwart von Schwefel entstanden war, so wurde eine Bestimmung desselben ausgeführt.

0,1460 wurden mit etwas Baryum-Nitrat geglüht; der Rückstand wurde mit Salzsäure behandelt, und der unlösliche Theil auf dem Filter gesammelt. Ich erhielt 0,0465 $BaSO_4$, gleich 3,77 Procent Schwefel in dem Baryumsalz.

Um die Unbequemlichkeiten, welche aus diesem der freien Säure anhängenden Schwefel entstehen, zu vermeiden, habe ich wo

immer möglich den Schwefelwasserstoff vermieden. Das Kupfer salz ist sehr bequem um alles Chlor loszuwerden, das Harn-Präparaten so hartnäckig anhängt. Man muss es aber mit Schwefelwasserstoff zersetzen, wobei sich der Schwefel als Unreinigkeit einschleicht. Somit bleibt nichts übrig als die Säure in Bleisalz zu verwandeln und dieses in einem Ueberschuss von Bleizucker gelöst so lange zu erhitzen, bis die Lösung klar bleibt. Man fällt dann mit Alkohol. Das gefällte Salz zersetzt man mit Schwefelsäure in geringem Ueberschuss, und filtrirt das Bleisulphat ab, den Ueberschuss der Schwefelsäure entfernt man nun mit Barytwasser. Auf diese mit viel Geduld und Genauigkeit auszuführende Weise erhält man zuletzt reine Kryptophansäure.

14. Kryptophansaure Magnesia.

Freie Säure wurde durch Zersetzung des frisch gefällten Bleisalzes durch ein Aequivalent Schwefelsäure mit Vermeidung des geringsten Ueberschusses dargestellt. Sie wurde dann mit einem Ueberschuss von Magnesia digerirt, filtrirt, und die Lösung auf dem Wasserbad eingedampft. Das Salz bildete Anfangs eine syrupartige Masse, trocknete aber nach Verlust von mehr Wasser zu einer brüchigen Masse ein, die sich leicht pulvern liess. Nach dem Pulvern bei 110° bis 120° getrocknet ergab es bei der Analyse die folgenden Resultate.

Berechnet			Gefunden			
Atome		Procente.	1.	2.	3.	4.
10 C	120	29,56	–	—	—	–
14 H	14	—	—	—	—	—
2 Mg	48	11,83	11,45	11,81	11,51	—
2 N	28	6,90	—	—	—	6,66
10 O	160	—	—	—	—	—
2 H_2O	36	—	—	—	—	—
	406					

Beim Trocknen zwischen 140° und 160° verlor das Salz noch ein Molekel Wasser und wurde $C_{10}H_{14}Mg_2N_2O_{10} + H_2O$.

Theorie	Gefunden	
	1.	2.
30,93 C	31,01	—
4,12 H	4,78	—
12,37 Mg.	—	12,12

Ich stellte ein zweites Präparat dar, um dasselbe in einigen weiteren Reactionen zu benutzen. 8,1 Grm. Bleisalz, und 2,35 Grm. Schwefelsäurehydrat, mit Wasser verdünnt, wurden zusammen digerirt und filtrirt. Das Filtrat, welches freie Kryptophansäure enthielt, wurde mit etwa einem halben Cubikcentimeter Barytwasser gemischt, wodurch ein unbedeutender Niederschlag entstand. Das Filtrat wurde mit Ueberschuss von Magnesia gekocht und filtrirt; die klare Lösung wurde zur Trockne verdampft, und der Rückstand bei 125° ausgedörrt.

0,1850 liessen 0,0344 gleich 11,16 Proc. Mg. Das Magnesiumsalz gibt keinen Niederschlag mit Kupferacetat in der Kälte, allein beim Erwärmen fällt ein reichlicher hellgrüner Niederschlag. Wenn die Mischung wieder kalt geworden ist, löst ein kleiner Ueberschuss von Kupferacetat den Niederschlag wieder auf. Bei Zusatz von Alkohol wird dann beinahe die ganze Menge des Salzes gefällt. Das Magnesiumsalz wird durch neutrales Eisenchlorid sogleich gefällt; gewöhnliches saures Chlorid erfordert die Hülfe von Wärme um einen Niederschlag zu erzeugen.

Die Lösung des Magnesiumsalzes gibt keinen Niederschlag mit Cadmiumchlorid, auch nicht beim Kochen; sie wird aber durch eine Lösung von Chlorcadmium in Ueberschuss von Ammoniak sogleich gefällt.

15. Natronsalz.

Aus dem Magnesiumsalz kann alle Magnesia durch ein Aequivalent reiner aus metallischem Natrium bereiteter kaustischer Natronlauge entfernt werden. Das entstehende Natronsalz wird durch Alkohol nicht gefällt. Chlorcalcium bringt jedoch in dieser alkoholischen Lösung augenblicklich einen reichlichen Niederschlag hervor.

16. Ammoniaksalz.

Es hat keine günstigen Eigenschaften, und wird durch Lösungen von Silbernitrat, oder Zinkchlorid in Ueberschuss von Ammoniak nicht gefällt.

17. Zinkverbindung.

Die freie Kryptophansäure zersetzt das kohlensaure Zink in der Kälte unter Aufbrausen. Das Filtrat gibt mit mehreren Volumen absoluten Alkohols einen Niederschlag.

0,0265 gaben 0,0066 ZnO = 19,98 Proc. Zn.

Ein vierbasisches gesättigtes Salz würde 25,2 Proc. Zn, ein saures Salz $C_{10}H_{16}ZnN_2O_{10}$ jedoch 16,7 Proc. Zn erfordern. Das wie vorstehend gebildete Salz scheint daher hauptsächlich saures Salz, mit wenig höher basischem zu sein. Vielleicht behielt der Alkohol die grösste Menge des einbasischen Salzes in Lösung, wie z. B. im Falle des Kobaltsalzes, das man vergleichen möge.

18. Kryptophansaures Calcium.

Ich stellte freie Kryptophansäure durch Zersetzung des Bleisalzes vermittelst eines Aequivalentes verdünnter Schwefelsäure dar. Sie wurde nun mit Kalkmilch behandelt, welche mit viel Wasser gewaschen worden war, und die Mischung gekocht und filtrirt. Das Filtrat wurde mit seinem gleichen Volum Alkohol gemischt, und der entstandene Niederschlag abfiltrirt. Derselbe wurde dann im Wasserbad getrocknet, ferner im Luftbad bei 110 und analysirt. (Anal. 1. 2. 3.) Das Filtrat wurde zur Trockne verdampft, und das rückständige Kalksalz gepulvert und bei 135° getrocknet. (Anal. 4.)

Theorie			Gefunden			
Atome		Procente	1.	2.	3.	4.
10 C	120	32,88	—	—	33,14	—
13 H	13	—	—	—	—	—
$^3/_2$ Ca	60	16,43	14,85	14,92	—	16,95
2 N	28	—	—	—	—	—
9 O	144	—	—	—	—	—
	365					

Wenn wie im vorgehenden Falle, Kryptophansäure mit Ueberschuss von Kalkmilch gekocht wird, so bildet sich ein Salz, welches (mit der Säure mit 10 C) $^3/_2$ Atom Ca enthält. Das Salz ist ziemlich stabil, wird aber von der Kohlensäure der Luft langsam angegriffen; wird es im getrockneten Zustand und fein gepulvert der Luft ausgesetzt, so verwandelt sich allmälig ein Dritttheil des Calciums in Carbonat, und das zweibasische Salz der Säure $C_{10}H_{14}CaN_2O_9$ entsteht. Diess erfordert 12,59 Proc. Ca., das Salz mit 14,88 Proc. Ca ist eine Mischung der beiden. Aehnliches wird am Baryumsalz beobachtet.

19. Kryptophansaures Baryum.

Eine Lösung des Magnesiumsalzes zum Kochen erhitzt wurde mit Barytwasser im geringen Ueberschuss gefällt, die Mischung

filtrirt, und das Filtrat beinahe zur Trockne verdampft; es wurde dann abermals filtrirt und das Product zur Trockne verdampft. Es bildete einen durchscheinenden rothbraunen Firniss. Bei 110° getrocknet enthielt es 44,66 Procent Ba. Das Salz $C_{10}H_{14}Ba_2N_2O_{10}$ + H_2O verlangt 44,52 Procent Ba.

Als das Salz der Luft ausgesetzt wurde, nahm es Kohlensäure auf, und beim Auflösen blieb ein Rückstand von kohlensaurem Baryum. Die abermals zur Trockne verdampfte Lösung gab einen Rückstand, welcher bei 110° getrocknet 36,28 Procent Ba enthielt.

Wahrscheinlich existirt auch ein Barytsalz von der Formel $C_{10}H_{11}Ba^{3}/_{2}N_2O_{10}$.

20. Ueberführung des kryptophansauren Baryts in ein saures Salz durch Kochen mit Wasser.

15,5 Grm. kryptophansauren Kupfers (welches etwas Alkohol enthielt) wurden mit Hydrothion zersetzt und filtrit. Das Filtrat wurde viele Stunden lang mit kohlensaurem Baryt und etwas kaustischem Baryt gekocht. Während des Kochens entwickelte sich etwas Ammoniak. Die Mischung wurde filtrirt. Der Rückstand auf dem Filter enthielt viel Carbonat, aber scheinbar kein organisches Zersetzungsproduct. Das Filtrat wurde mit einer grossen Menge Alkohol von 98 Proc. gemischt, und setzte einen blass gelblichweissen Niederschlag ab. Derselbe wurde mit demselben starken Alkohol gewaschen (der zum Waschen verwandte Alkohol hatte beim Ablaufen eine stark alkalische Reaction), in Wasser aufgelöst, und die wässrige Lösung wurde gekocht. Es entwickelte sich von Neuem Ammoniak, und kohlensaurer Baryt fiel nieder. Es wurde nun wieder filtrirt, das Filtrat verdampft, der Rückstand bei 110° getrocknet und gepulvert. Das auf diese Weise erhaltene Product wog 4,377 Grm.

Die Analysen desselben führen zur Formel $C_{10}H_{14}BaN_2O_9$

Berechnet			Gefunden.		
Atome		Procente	1.	2.	3.
10 C	120	27,09	26,84	—	—
14 H	14	3,16	3,87	—	—
Ba	137	30,93	—	—	31,75
2 N	28	6,32	—	5,94	
9 O	143	32,50	—		
	443	100,00			

Diese Verbindung entsteht aus dem neutralen Salze offenbar durch Verlust von Baryt, nach der Formel

$$
\begin{array}{rl}
 & C_5H_7BaNO_5 \\
+ & \underline{C_5H_7BaNO_5} \\
= & C_{10}H_{14}Ba_2N_2O_{10} \\
- & \underline{\quad Ba \quad O} \\
= & C_{10}H_{14}BaN_2O_9.
\end{array}
$$

Die Verbindung gab einen weissen Niederschlag mit Silbernitrat, der in Salpetersäure löslich war; mit Bleizucker weissen Niederschlag, löslich in Essigsäure; mit Kupfer-Acetat, Zink-Chlorid, Chlorcalcium keine Reaction. Mit Merkurichlorid gab sie einen weissen Niederschlag, der in Salpetersäure löslich war; mit Merkurinitrat ebenso; mit Merkuronitrat gab sie einen Niederschlag, welcher Anfangs scheinbar weiss, sich bald dunkel färbte. Das trockne Baryumsalz, mit Vitriolöl angefeuchtet, schien ein Doppelsalz von Baryum-Sulphat mit Baryum-Kryptophanat zu bilden.

21. Darstellung des sauren Baryumsalzes aus dem Eisensalz aus Harn.

Eine gewisse Menge Eisensalz wurde in Baryumsalz verwandelt; abermals durch Eisenchlorid gefällt, und ein zweites Mal in Baryumsalz verwandelt; das letztere wurde dann mit Ueberschuss von Salzsäure angesäuert, und die Lösung mit Aether erschöpft (der Aether zog eine der Benzoesäure ähnliche Säure, und etwas dem Omicholin gleichende Substanz aus). Die Lösung wurde nun mit kohlensaurem Baryum und etwas Barytwasser gekocht, filtrirt und verdampft. Sie wurde nun ein drittes Mal mit Eisenchlorid gefällt, der Niederschlag völlig rein gewaschen, mit Barythydrat zersetzt, die Lösung eingeengt, während des Kochens mit Kohlensäure behandelt, filtrirt, und dann zur Trockne verdampft. Das letzte Trocknen geschah über dem Luftbad, und die Masse wurde beständig gerührt, bis sie trocken und hart war.
0,1831 bei 120° gedörrt, gaben 0,0949 $PbSO_4$ = 30,47 Procent Ba.
Die Formel $C_{10}H_{14}BaN_2O_9$ fordert 30,93 Procent Ba.

Die Darstellung und Eigenschaften des Eisensalzes aus Harn werde ich in einer besonderen Mittheilung genauer beschreiben.

22. Kryptophansaurer Kobalt.

Freie Kryptophansäure (ein Theil des für Darstellung des

Magnesiasalzes verwandten Präparats) wurde mit kohlensaurem Kobalt gesättigt; die Verbindung fand unter Aufbrausen statt, welches sowohl bei gewöhnlicher Temperatur als beim Erhitzen erfolgte. Es bildete sich eine rothe Lösung, welche mit dem doppelten Volum Alkohol von 94 Procent gefällt wurde. Beim Trocknen im Dampf-Ofen schrumpfte die Verbindung, schmolz dann wie die Salze des Calciums und anderer Metalle, und kroch in das Filtrir-Papier wie ein Fett. Mit Wasser liess es sich wieder vollständig ausziehen. Beim endlichen Trocknen wurde es hart, und hatte eine ins Weisse gehende Rosafarbe.

Der Kobalt wurde durch Verbrennen der Verbindung und Reduction des Rückstands in einer Atmosphäre von Wasserstoff bestimmt. Es blieben 16,78 Procent Co. Die Formel $C_{10}H_{16}CoN_2O_{10}$ (At. Gew. = 328,8) erfordert 15,36 Procent Co. Die Formel $C_{10}H_{14}CoN_2O_9$ verlangt 16,19 Procent Co.

Die Verbindung welche, von Alkohol nicht gefällt wurde, sondern darin in Lösung blieb, hatte eine rosenrothe Farbe, wurde aber beim Verdampfen in einer Platinschale beim Trocknen tiefblau. Beim Lösen in Wasser wurde sie wieder roth, nach dem Filtriren und Trocknen wieder blau. Sie wurde bei 110° getrocknet. Beim Erhitzen schwoll sie auf, entwickelte stinkende Gase, und liess einen aus Kohle und Kobalt bestehenden Rückstand. Derselbe musste mit Salpetersäure behandelt werden, um allen Kohlenstoff zu zerstören. Dann wurde der Kobalt in Wasserstoff reducirt; er betrug 27,7 Procent. Die Verbindung $C_{10}H_{14}Co_2N_2O_{10}$ (At. Gew. = 489,6) verlangt 26,7 Procent; $C_{10}H_{12}Co_2N_2O_9$ verlangt 27,9 Procent.

23. Silbersalze der Kryptophansäure.

Wenn man die Lösung eines vierbasischen Kryptophanats, wie z. B. des Magnesiumsalzes $C_{10}H_{14}Mg_2N_2O_{10}$, mit einer Lösung von Silbernitrat vermischt, so entsteht ein dunkelgrauer Niederschlag, welcher entweder aus mehreren Verbindungen besteht, oder sich von selbst und unter dem Einfluss des Waschens zersetzt. Die folgenden Silberbestimmungen in verschiedenen Präparaten zeigen, dass der Niederschlag nicht leicht von bestimmter Zusammensetzung erhalten werden kann.

	Procente Silber
Niederschlag a)	77,2
„ b)	60,08
„ c)	56,56

Der Niederschlag a) wurde durch Zusatz einer **sehr kleinen Menge** von Silbernitrat zu dem Magnesiumkryptophanat erhalten. Er wurde gewaschen, und erst im Dampfofen, dann bei 100° bis 110° getrocknet. Der Niederschlag b) wurde sechs mal mit kleinen Mengen Wasser gewaschen, und dann getrocknet. Der Niederschlag c) wurde nur ganz wenig gewaschen und dann im Vakuum getrocknet. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass das Silbersalz durch Waschen zersetzt wird, und zwar mit dem Resultat dass der Rückstand reicher an Silber wird als der ursprüngliche Niederschlag war. Der Niederschlag c), welcher wohl als durch Waschen am wenigsten verändert angesehen werden darf, nähert sich in seiner Zusammensetzung einem Salz von der hypothetischen Formel $C_{10}H_{14}Ag_4N_2O_{10} + 2H_2O$, entsprechend dem Magnesiumsalze, aus dem er gebildet worden war. Er wurde daher etwas weiter studirt. Er war auf die Weise dargestellt worden, dass 3 Grm. Silbernitrat in Wasser gelöst, mit 8. Cc. einer sehr konzentrirten Lösung von vierbasischem Magnesiumkryptophanat gefällt wurden. Der dunkel gefärbte Niederschlag wurde ein wenig gewaschen, gepresst, und in der Leere mehrere Tage lang getrocknet; er wog 1,603 Grm.

Die Formel $C_{10}H_{14}Ag_4N_2O_{10} + 2H_2O$ fordert

Berechnet			Gefunden
Atome		Procente	
10 C	120	15,2	13,08
14 H	14	—	—
4 Ag	432	54,7	56,56
2 N	28	—	—
12 O	192	—	—
	790		

Es ist leicht verständlich, dass ungenügendes Waschen den Kohlenstoff zu niedrig und den Silbergehalt zu hoch herauskommen lassen muss.

Die für diese Daten passende Interpretation scheint die folgende zu sein. Das vierbasische Silbersalz ist sehr vergänglich, und spaltet sich in dreibasisches Silbersalz und Silberoxyd. Durch fortgesetztes Waschen wird ein grosser Theil des dreibasischen Salzes in Lösung fortgeführt, und Silberoxyd wird im Niederschlag relativ angehäuft.

Das stabile Silbersalz der Kryptophansäure scheint das drei-

basische zu sein; es wird durch doppelte Zersetzung gebildet wenn entweder ein zweibasisches oder ein dreibasisches Kryptophanat zu einer Lösung von Silbernitrat gesetzt wird. Es ist weiss und ziemlich löslich in Wasser. Drei Präparate desselben wurden dargestellt wie folgt:

a) Zweibasisches Calciumsalz wurde mit Silbernitrat gefällt, der Niederschlag gewaschen und in der Leere getrocknet. Er enthielt 51,35 Procent Silber.

b) Silbersalz aus zweibasischem Baryumsalz und Silbernitrat bereitet und in der Leere getrocknet, enthielt 52,80 Procent Silber.

c) Das dritte Präparat hatte folgende Geschichte. Eine gewisse Menge Calciumkryptophanat, aus frischem Harn vermittelst des Kalk- und Alkohol-Processes erhalten, und durch zweimaliges Lösen in Wasser und Fällen mit Alkohol gereinigt, wurde mit Thierkohle gekocht um es zu entfärben. Dem Filtrat wurde Silbernitrat zugesetzt so lange ein Niederschlag entstand. Derselbe war Anfangs weiss, wurde aber bald schwach grau. Er wurde mit Alkohol gewaschen, dann damit gekocht, und bei 100° bis 110° getrocknet. Bei 130° wurde er oberflächlich gebräunt.

Berechnet			Gefunden							
Atome		Procente	a.	b.	c.					
					1.	2.	3.	4.	5.	
10 C	120	19,08	—	—	—	—	—	19,97	—	
13 H	13	2,07	—	—	—	—	—	2,49	—	
3 Ag	324	51,51	51,35	52,80	53,1	53,8	52,8	—	—	
2 N	28	4,45	—	—	—	—	—	—	5,7	
9 O	144	—	—	—	—	—	—	—	—	
	629									

24. Theoretische Betrachtungen über die Kryptophansäure.

Einzelne Salze erlauben die Säure als eine zweibasische von der Formel $C_5H_9NO_5$ anzusehen. Diese Formel ist von der der Glutaminsäure nur im Sauerstoff verschieden, und dieser Umstand hat zu der durch Forschungen keineswegs unterstützten und ganz beiläufig gewagten Vermuthung Gelegenheit gegeben, die Kryptophansäure möchte nichts als unreine Glutaminsäure sein. Diese Vermuthung wird indessen durch keine mir bekannte Thatsache bestätigt, und durch das Verhalten der Bleisalze z. B. geradezu widersprochen. Mehrere Salze nun machen es möglich, andere

verlangen es, die Säure als eine vierbasische von der Formel $C_{10}H_{18}N_2O_{10}$ zu betrachten. Danach erhalten die metallischen Salze die allgemeine Formel:

Beispiele:

	$C_{10}H_{14}M_4^IN_2O_{10}$
Bleisalze, saures	$C_{10}H_{16}PbN_2O_{10}$
„ halbsaures	$C_{10}H_{15}pb_3N_2O_{10}$
„ neutrales	$C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10}$
Hydrat	$C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10} + 2(H_2O)$
„ halbbasisches	$2(C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10})PbO$
„ basisches	$C_{10}H_{14}Pb_2N_2O_{10} + PbO$.
Kupfersalz	$C_{10}H_{14}Cu_2N_2O_{10}$
„ mit Alkohol	$C_{10}H_{14}Cu_2N_2O_{10} + C_2H_6O$.
Magnesiumsalz	$C_{10}H_{14}Mg_2N_2O_{10} + H_2O$
„ dihydrat	$C_{10}H_{14}Mg_2N_2O_{10} + 2H_2O$.
Baryumsalz	$C_{10}H_{14}Ba_2N_2O_{10} + H_2O$
„ dreibasisches	$C_{10}H_{15}ba_3^IN_2O_{10}$
„ saures	$C_{10}H_{14}BaN_2O_9$
Calciumsalz	$C_{10}H_{13}ca_3^IN_2O_9$
„ saures	$C_{10}H_{14}CaN_2O_9$
Kobaltsalz, saures	$C_{10}H_{14}CoN_2O_9$
„ basisches	$C_{10}H_{12}Co_2N_2O_9$
Silbersalz	$C_{10}H_{13}Ag_3N_2O_9$.

Dies ist bis jetzt die einzige Ordnung in der sich alle ermittelten Thatsachen von einem Gesichtspunkt aus übersehen lassen.

Ueber die Eisensalze der extractiven Säuren aus Menschenharn.

Mit Schlussbemerkungen betreffend Hrn. E. Salkowsky's „Beiträge zur Chemie des Harns."

Von

J. L. W. Thudichum,
in London.

Im Laufe meiner Untersuchungen über die Kryptophansäure (dieses Archiv, Seite 433) hatte ich gefunden, dass alle löslichen Salze derselben mit Eisenchlorid, in der Kälte oder bei Kochhitze, dicke braune Niederschläge geben, welche die organische Säure in Verbindung enthalten. Die löslichen Salze der Paraphansäure (einer Extractivsäure des Harns, die neben der Kryptophansäure vorkommt, und deren Untersuchung ich noch fortsetze) zeigen dieselbe Reaction. Ich hielt es daher für wahrscheinlich, dass die Eisenverbindungen dieser Säuren zu deren Isolirung aus dem Harn benutzt werden könnten, und dass die dann anderweitig gereinigten Säuren vermöge der grösseren Löslichkeit der Paraphanate von einander getrennt werden könnten. Diess waren die Absichten, welche mich zu den folgenden Versuchen führten. Dieselben haben meine Voraussetzungen vollkommen bestätigt, insofern grosse Mengen von kryptophan- und paraphansauren Salzen dabei erhalten wurden. Wie vorauszusehen war enthielten die Producte Hippur- und Benzoesäure, die von den Extractivsäuren getrennt werden mussten. Aber ganz unerwartet war die Erscheinung, dass der Eisenniederschlag aus Harn beträchtliche Mengen von Substanzen enthielt, welche nach ihren weiteren Reactionen zur Gruppe der organischen Basen oder Alkaloide gehören, und sich durch mehrere diesen Körpern specifische Verbindungen von den extractiven Säuren beinahe vollständig trennen lassen. Die letzteren werde ich in einer zukünftigen Mittheilung über mehrere bisher unbekannte Alkaloide des Harns beschreiben. Im gegenwärtigen Artikel muss ich mich auf die Beschreibung der allgemeinen Verhältnisse

der Eisenniederschläge, und ihrer Behandlung bis zur Darstellung von reiner Kryptophansäure beschränken.

Experiment 1. Eisensalz aus 16 Liter mit Kalk behandelten Harns; enthielt 26,39 Proc. Fe; gab ein Baryumsalz, welches durch fractionirte Fällung mit Alkohol Kryptophanat (und Paraphanat) lieferte.

16 Liter mit Kalkmilch behandelten Harns, concentrirt bis die Flüssigkeit 1,060 Sp. Gew. zeigte, wurden mit 430 Grm. Eisenchlorid in einem gleichen Gewicht Wasser gelöst, gemischt. Der Niederschlag wurde wohl ausgewaschen. Der nasse Schlamm wog 1760 Grm. 1,484 Grm. liessen bei 125° 0,175 Grm. Rückstand, gleich 11,8 Proc. Die 0,175 Rückstand hinterliessen nach dem Glühen 0,066 Fe_2O_3, gleich 26,39 Proc. Fe. Dem Schlamm wurden 80 Grm. Barythydrat in Wasser suspendirt zugesetzt, die Mischung wurde erhitzt und filtrirt, und das Filtrat im Wasserbad verdampft. Das resultirende Baryumsalz wog 104 Grm. und enthielt, wie aus den späteren Analysen der Fractionen hervorgeht, ungefähr 29,3 Proc. Ba. Daraus folgt weiter, dass etwa 40 Grm. Baryt in einer unlöslichen Form in dem Eisenniederschlag zurückblieben, nachdem das gebildete Barytsalz soweit als möglich ausgewaschen worden war.

Fractionirte Fällung des Baryumsalzes durch Alkohol.

87 Grm. des Baryumsalzes wurden in etwa 700 Cc. Wasser gelöst, filtrirt und zu der Flüssigkeit wurden 220 Cc. Alkohol von 90 Procent gefügt. Der Niederschlag [x] wog im trocknen Zustand 4,0 Gramm.

0,0978 bei 110° getrocknet gab 0,0557 $BaSO_4$ = 33,48 Proc. Ba.
0,2585 bei 125° getrocknet gab 0,1495 $BaSO_4$ = 34,00 Proc. Ba.

Der Niederschlag enthielt eine Spur Eisen.

Das Filtrat wurde mit 800 Cc. 90 procentigen Alkohols versetzt, und gab einen zweiten Niederschlag [y], welcher im trocknen Zustande 13,8 Grm. wog.

0,2230 bei 125° gaben 0,1270 $BaSO_4$ = 33,49 Proc. Ba.

Das Filtrat wurde mit zwei Liter Alkohol gemischt und gab einen dritten Niederschlag [z], welcher bei 100° getrocknet, 17 Grm. wog.

0,1169 bei 125° gaben 0,0628 $BaSO_4$ = 31,58 Proc. Ba.

Das Filtrat wurde zur Trockne verdampft und der Rückstand mit [F] bezeichnet.

0,3140 bei 125° gaben 0,1445 $BaSO_4$ = 27,06 Proc. Ba.

Uebersicht der Niederschläge.

Fraction 1	[x]	wog	4,0 Grm.	enthielt	33,7 Proc.	Ba.
„ 2	[y]	„	13,8 „	„	33,5 „	„
„ 3	[z]	„	17,0 „	„	31,6 „	„
Rückstand vom Filtrat	[F]		52,0 „	„	27,1 „	„

Aus diesen Daten kann man berechnen, dass die verwandten 87 Grm. Baryumsalz 29,2 Proc. Ba enthielten.

Weitere Fractionirung der Niederschläge [x] und [y].

Diese Niederschläge wurden vereinigt, in 80 Cc. Wasser gelöst, und nach Filtration von ein wenig unlöslicher Materie mit Alkohol behandelt; Niederschlag und Lösung wurden durch das Filter getrennt. Das Filtrat hinterliess beim Abdampfen nur einen geringen Rückstand. Der Niederschlag $(x + y)'$ wurde bei 125° getrocknet und analysirt.

0,0758 gaben 0,0448 $BaSO_4$ = 34,75 Proc. Ba.

0,1525 gaben 0,0900 $BaSO_4$ = 34,70 Proc. Ba.

$(x + y)'$ wurde abermals in Wasser aufgelöst und durch Alkohol gefällt. Der Niederschlag $(x + y)''$ wurde bei 125° getrocknet.

0,2205 gaben 0,1355 $BaSO_4$ = 36,13 Proc. Ba.

$(x + y)''$ wurde wieder in Wasser gelöst, filtrirt und das Filtrat mit Alkohol gefällt; der Niederschlag $(x + y)'''$ wurde bei 125° getrocknet.

0,0703 gaben 0,0443 $BaSO_4$ = 37,05 Proc. Ba.

0,2720 gaben 0,1475 $BaCO_3$ = 37,70 Proc. Ba.

Es erhellte aus diesen Versuchen, dass die zwei ersten Fractionen, den in Alkohol am wenigsten löslichen Theil des Salzes enthaltend, einen Körper enthielten, der mit jeder Lösung und Fällung seinen basischen Antheil vergrösserte, oder was dasselbe ist, mit jeder Lösung in Wasser und Fällung durch Alkohol organische Materie verlor.

Weitere Fractionirung des Niederschlags [z].

Der Niederschlag [z] wurde in 100 Cc. Wasser aufgelöst, die Lösung von einer geringen Trübung abfiltrirt, und mit 290 Cc. Alkohol von 90 Proc. gemischt. Der Niederschlag z' wurde bei 125° getrocknet.

0,1505 gaben 0,0815 $BaSO_4$ = 31,75 Proc. Ba.

0,2075 gaben (130°) 0,1105 $BaSO_4$ = 31,30 Proc. Ba.

z', 12 Grm. wiegend, wurde in 75 Cc. Wasser aufgelöst, und zu dieser Lösung wurden 75 Cc. Alkohol von 90 Proc. gemischt mit 75 Cc. Wasser gefügt. Der entstehende ganz geringe Niederschlag wurde abfiltrirt. Das klare Filtrat (dem eine gewisse Menge Alkohol von 90 Proc. zugesetzt werden konnte, ohne dass ein Niederschlag entstand) wurde durch Zusatz von viel Alkohol von 90 Proc. gefällt. Der Niederschlag z'' wurde getrocknet.

0,2210 (bei 125°) gaben 0,1200 $BaSO_4$ = 31,93 Proc. Ba.

z'', 11,5 Grm. wiegend, wurde in wenig Wasser aufgelöst und durch einen Ueberschuss von 90 Proc. Alkohol gefällt. Der Niederschlag z''' wog 7,5 Grm.

0,2160 gaben 0,1170 $BaSO_4$ = 30,13 Proc. Ba.

0,3960 gaben 0,2025 $BaSO_4$ = 30,07 Proc. Ba. Demnach war das Salz das zweibasische Kryptophanat, $Ba''(C_{10}H_{16}N_2O_{10})$ welches 29,71 Proc. Ba erfordert.

Ueberführung von z''' in Magnesiumsalz.

Die 7,5 Grm. z''' wurden in Wasser aufgelöst, die Lösung von einer Spur unlöslicher Materie abfiltrirt, hatte eine alkalische Reaction, und wurde mit einer Lösung von 5 Grm. Magnesium-Sulphat in ein wenig Wasser gefällt. Das Filtrat wurde dann vorsichtig mit einer verdünnten Lösung von schwefelsaurem Magnesium versetzt, bis weder dieses Reagenz noch Barytwasser in dem Filtrat einen weiteren Niederschlag hervorbrachten. Ein Theil der Lösung wurde nun zur Trockne verdampft und bei 125° ausgedörrt.

0,041 gaben nach dem Glühen 0,0061 MgO = 9,78 Proc. Mg. Daraus ging hervor, dass das Salz mehr Magnesium enthielt, als man nach dem verdrängten Baryum hätte erwarten sollen. Denn das Salz $Mg''(C_{10}H_{16}N_2O_{10})$ fordert 6,8 Proc. Mg; aber das dreibasische $Mg_3(C_{10}H_{15}N_2O_{10})_2$ fordert 9,75 Proc. Mg, was mit der gefundenen Menge übereinstimmt. Dies entspricht der aus der vorigen Abhandlung bekannten Tendenz der Magnesiumsalze alle ihre Basicitäten zu sättigen. Um diese Tendenz weiter zu fördern, wurde das Salz mit einem geringen Ueberschuss kaustischer Magnesia gekocht, filtrirt, verdampft und bei 125° getrocknet.

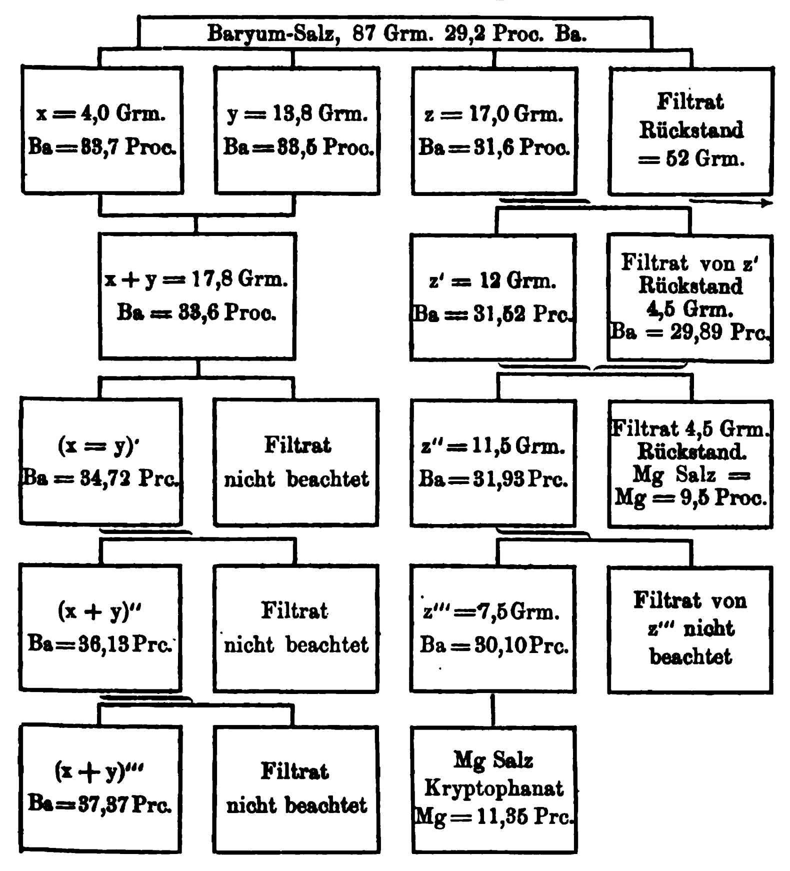
0,1140 gaben 0,0220 Mg = 11,58 Proc. Mg.

0,3960 gaben 0,0735 Mg = 12,14 Proc. Mg.

Das Salz war demnach vierbasisches Kryptophanat mit zwei Molekeln Hydratwasser, $C_{10}H_{14}Mg_2N_2O_{10} + 2H_2O$, welches 11,83 Proc. Mg

verlangt, die Lösung des Salzes gab die folgenden Reactionen:
mit Eisenchlorid reichlichen Niederschlag;
mit Chromchlorid keinen Niederschlag;
mit Kupferacetat einen Niederschlag beim Kochen,
löslich im Ueberschus des Acetats, durch Alkohol gefällt;
mit Bleiacetat einen Niederschlag, leicht löslich im Ueberschuss,
aber durch Alkohol fällbar.
Goldlösung wurde beim Kochen reducirt, aber nicht Platinchlorid.

Uebersicht der Fractionen des Baryumsalzes (aus Eisensalz), welche durch Alkohol gefällt wurden.



Das Filtrat von z' liess einen Rückstand beim Abdampfen, welcher trocken 4,5 Grm. wog.

0,1966 bei 110° gaben 0,1009 $BaSO_4$ = 30,18 Proc. Ba.

0,4165 bei 130° gaben 0,2097 $BaSO_4$ = 29,60 Proc. Ba.
Die übrige Substanz wurde in 40 Cc. Wasser gelöst, zu dem 60 Cc. 90procentigen Alkohols gesetzt wurden. Es bildete sich kein Niederschlag. Es wurden dann weitere 100 Cc. Alkohol zugesetzt. Ein reichlicher Niederschlag entstand, welcher zu z' gefügt wurde. Der trockne Rückstand von dem verdampften Filtrat enthielt 30,4 Procent Ba.

Das Filtrat von Z'' liess einen Niederschlag, welcher trocken 4,5 Grm. wog. Er wurde mit Schwefelsäure genau zersetzt, und das Filtrat mit Ueberschuss von Magnesia gekocht und filtrirt. Das Filtrat wurde verdampft, und das Magnesiumsalz bei 120° getrocknet.

0,1980 gaben 0,0317 MgO = 9,6 Proc. Mg.

0,3586 gaben 0,0568 MgO = 9,48 Proc. Mg.

Das Salz wurde abermals mit Magnesia gekocht und bei 125° getrocknet.

0,2285 gaben 0,0365 MgO = 9,6 Proc. Mg.

Das Product schien eine Mischung von kryptophansaurer mit paraphansaurer Magnesia zu sein.

Experiment 2. Der Harn wurde filtrirt, verdampft, mit Kalk behandelt, und abermals filtrirt. In diesem Zustande hatte die Flüssigkeit Sp. G. 1,060, und mass 10 Liter. Sie wurde mit einer Lösung von Eisenchlorid in seinem eignen Gewicht Wasser gefällt. Der Eisenniederschlag wurde mit 17 Liter Wasser gewaschen. Der Schlamm wog 372 Grm. 1,352 Grm. desselben bei 125° getrocknet, hinterliessen 0,686 Rückstand = 51,5 Proc. Die 0,686 Grm. liessen nach Glühhitze 0,213 Grm. Fe_2O_3. = 21,73 Proc. Fe. Der Schlamm wurde jetzt mit heisser Barytlösung behandelt. Die 161,6 Grm. des (trocken gedachten) Eisensalzes gaben nur 37 Grm. Baryumsalz. Folglich blieb ein beträchtlicher Theil der organischen extractiven Säure bei dem Eisen, und konnte mit Baryt nicht ausgezogen werden. Dieser Theil kann, wie aus anderen Experimenten erhellt, nur durch Behandlung des Eisenniederschlages mit Schwefelammonium erhalten werden.

Experiment 3. 11 Liter Harn auf ein Drittel konzentrirt, gaben ein Eisensalz mit 28,12 Proc. Fe. Aus diesem wurde durch Kochen mit Baryt ein erstes Baryumsalz erhalten. Die Lösung dieses Salzes in etwa 180 Cc. Wasser wurde mit soviel Alkohol versetzt, dass das Volum der Mischung 500 Cc. betrug; der ent-

stehende Niederschlag wurde abfiltrirt, und das Filtrat verdampft. Sobald es nur 50 Cc. betrug, wurde es mit 50 Cc. Alkohol von 90 Proc. gemischt. Es entstand kein Niederschlag. Darauf wurde Alkohol von 95 Proc. zugesetzt bis die Mischung 300 Cc. mass. Es entstand ein zusammenschmelzender Niederschlag, von dem die Flüssigkeit abgegossen wurde.

A. Der Niederschlag wurde in 50 Cc. Wasser aufgelösst, und die Lösung mit 40 Cc. Alkohol von 95 Proc. gemischt. Ein geringer entstehender Niederschlag wurde entfernt. Das Filtrat wurde mit viel Alkohol von 95 Proc. gemischt, und der entstandene Niederschlag bei 125° getrocknet.

0,1952 gaben 0,0972 $BaSO_4$ = 29,43 Proc. Ba.

B. Das Filtrat wurde auf dem Dampfbad eingeengt, und ein Theil bei 125° getrocknet.

0,1680 gaben 0,0725 $BaSO_4$ = 25,37 Proc. Ba.

Die Menge von B schien viel mehr zu betragen als die von A.

Was von B übrig war wurde bei 100° getrocknet, und mit wenig Alkohol von 95 Proc. behandelt. Es löste sich etwas auf (β) und ein Theil blieb ungelöst (α).

α) Der unlösliche Theil wurde bei 125° getrocknet.

0,1610 gaben 0,0830 $BaSO_4$ = 30,31 Proc. Ba.

Das ganze wurde in 10 Cc. Wasser gelöst, und 20 Cc. Alkohol von 95 Proc. zugefügt; es entstand kein Niederschlag. Weitere 90 Cc. Alkohol gaben sogleich Niederschlag, der sich aber bei Zusatz von wenig Wasser beinahe ganz löste. Was unlöslich blieb wurde weggeworfen; das Filtrat wurde verdampft und bei 125° getrocknet.

0,1320 gaben 0,0710 $BaSO_4$ = 31,63 Proc. Ba.

β) Der lösliche Theil, welcher mit Alkohol von 95 Proc. ausgezogen worden war, wurde verdampft, und abermals in Alkohol von derselben Stärke aufgelöst. Ein geringer unlöslicher Rückstand wurde entfernt. Das Filtrat wurde verdampft, und der Rückstand bei 125° getrocknet.

0,0734 gaben 0,0225 $BaSO_4$ = 18,02 Proc. Ba.

Zweites Baryumsalz. Diess wurde durch eine zweite Abkochung des Eisenniederschlags mit frischem Barytwasser erhalten. Der konzentrirte Auszug wurde mit verdünntem Alkohol behandelt, um die in schwachem Weingeist unlöslichen Salze zu entfernen, und dann zu Syrupdicke abgedampft. Dieser wurde mit Alkohol

von 90 Proc. behandelt. Man erhielt einen Niederschlag und ein Filtrat.

Das Filtrat wurde verdampft, und der Rückstand abermals mit Alkohol von 90 Proc. behandelt; die von einem geringen Niederschlag getrennte Lösung wurde wieder auf ein kleines Volum gebracht und nun mit Alkohol von 90 Proc. behandelt, bis dieser keinen Niederschlag mehr hervorbrachte. Das auf diese Weise erhaltene Baryumsalz (welches in viel Alkohol von 95 Proc. löslich war) wurde bei 125° getrocknet.

0,1600 gaben 0,0316 $BaSO_4$ = 11,61 Proc. Ba.

Experiment 4. Eisensalz wird in Baryumsalz, und dieses theilweise in Magnesium, Silber und Quecksilbersalz verwandelt.

Etwa 25 Liter filtrirten Harns wurden auf ein Drittel konzentrirt, kalt mit Kalk behandelt, filtrirt und mit Eisenchlorid im Ueberschuss behandelt, bis Ammoniak einen unmittelbaren Niederschlag in dem Filtrat hervorbrachte. Der abfiltrirte Niederschlag wurde mit neun Liter Wasser gewaschen. Die teigige Masse wog 900 Grm. und enthielt 9,25 Proc. Rückstand bei 100 getrocknet, also im Ganzen 83,25 Grm. trocknes Eisensalz. Die Masse wurde auf dem Dampfbad mit 55 Grm. Barytkrystallen erhitzt, worauf sie zu einem kleinern Volum einschrumpfte. Es wurden nun mehr Baryt, und 400 Cc. Wasser zugesetzt, und nach dem Mischen wurde filtrirt.

Das Filtrat 900 Cc. war alkalisch. Der rückständige Eisenniederschlag wurde mit mehr Wasser gekocht und filtrirt; das Filtrat, etwa 200 Cc. messend war ebenfalls alkalisch. Die vereinten Filtrate (1100 Cc.) wurden zu Syrupdicke eingedampft. Der Syrup mass 78 Cc. und wog 101 Grm., daher sein Sp. Gew. = 1,295 Grm. Man liess ihn zwanzig Stunden stehen und dekantirte ihn dann von einem geringen Absatz. 0,3225 gaben 0,159 festen Rückstand bei 110°, desshalb ganzer fester Rückstand ungefähr 50 Grm. Spätere Auszüge desselben Eisensalzes gaben noch 14 Grm. Baryumsalz. Die ganze Menge trocknes Baryumsalz, welche aus 83,25 Grm. trocknen Eisensalzes erhalten wurde, war demnach ungefähr 64 Grm. (aus 25 Liter Harn, also 2,56 Grm. aus jedem Liter). Das Baryumsalz wurde bei 125° getrocknet und analysirt, um die darin enthaltenen Elemente kennen zu lernen.

1)	0,4815	gaben	0,2335	$BaSO_4$	= 28,51	Proc. Ba.
2)	0,3790	„	0,1842	„	= 28,51	„ „
3)	0,4745	„	0,2315	„	= 28,71	„ „
4)[1]	0,4830	„	0,6150	CO_2	= 34,84	Proc. C.
5)	0,3225	„	0,4025	„	= 34,04	„ „
6)	0,4830	„	0,1750	H_2O	= 4,26	Proc. H.
7)	0,3225	„	0,1125	„	= 3,88	„ „
8)	0,2353	„	0,01792	N	= 7,62	Proc. N.
9)	0,4815	„	0,03692	„	= 7,67	„ „

Im lufttrocknen gepulverten Zustand enthielt das Salz 21,3 Proc. Ba, denn

0,1875 gaben 0,0680 $BaSO_4$, = 21,3 Proc. Ba.

1,6 Grm. dieses Salzes wurden mit 25 Cc. Alkohol von 90 Proc. behandelt, und das alkoholische Filtrat wurde verdampft und bei 100° getrocknet. Es gab 0,0075 $BaSO_4$. Daraus ging hervor, dass Alkohol von der angegebenen Stärke nur sehr wenig aus dem Baryumsalz auszog.

Mit Bleizucker verhielt sich das Baryumsalz wie das Kryptophanat.

Magnesiumsalz. Das in Alkohol unlösliche Salz wurde in Wasser gelöst, und durch verdünnte Schwefelsäure von Baryt befreit; die freie Säure wurde durch Kochen mit Ueberschuss von Magnesia mit dieser Base verbunden, und das Salz bei 125° getrocknet.

0,2400 gaben 0,0490 MgO = 12,25 Proc. Mg.

Silbersalz. Durch doppelte Zersetzung mit Silbernitrat gab dieses Magnesiumsalz ein gut aussehendes Silbersalz.

Quecksilbersalz. 18 Grm. des Baryumsalzes wurde in Wasser aufgelöst, und die Lösung wurde mit starkem Alkohol gemischt. Der Niederschlag wurde in Wasser aufgelöst, und die Lösung gekocht um den Alkohol ganz auszutreiben. Nach dem Filtriren wurde Merkurinitrat ($Hg''(NO_3)_2$) in Lösung zu dem alkalischen Salz gefügt. Es entstand ein weisser Niederschlag. Es wurde jetzt etwas kohlensaures Natron zu der Mischung gesetzt, bis dieselbe eine schwach alkalische Reaction hatte, und dann etwas sehr verdünnte Salpetersäure; Wasser mit Salpetersäure angesäuert wurde zum Waschen des Niederschlags verwandt. Derselbe bei 125° getrocknet enthielt in 100 Theilen 47,90 Hg.

1) Die Analysen 4 und 6, sowie 5 und 7 gehören zusammen als gleichzeitige Resultate von zwei Verbrennungen.

Experiment 5. Eisensalz wird in Kalisalz verwandelt. Löslichkeit des Eisensalzes in Aetzkali.

640 Grm. nassen Eisensalzteiges, 85 Grm. trocknen Salzes enthaltend, wurden mit 40 Grm. Aetzkali behandelt, die Mischung verwandelte sich in eine dunkel gefärbte Lösung, die sich auf dem Dampfbad anfangs in ein festes Gelée verwandelte, dann aber in eine Flüssigkeit und Eisenoxyd spaltete. Nach dem Filtriren von Eisenoxyd war die Lösung frei von Eisen. Sie wurde verdampft bis sie 109 Grm. wog, und enthielt dann 33,37 Grm. trocknen Kalisalzes.

2,041 gaben 0,606 Rückstand bei 120° = 29,7 Proc. Rückstand.
0,606 gaben 0,344 K_2CO_3 = 30,63 Proc. K.

Das ganze Product wurde mit wenig Wasser und 400 Cc. Alkohol von 90 Proc. gemischt. Es bildeten sich zwei Lagen, eine untere wässrige, von etwa 50 Cc. Volum, und eine obere spirituöse, die letztere wurde verdampft und hinterliess 25 Grm. trocknen Rückstandes.

Die untere wässrige Schicht wurde mit drei Volumen Wasser verdünnt, filtrirt und verdampft. Ein Theil wurde mit Schwefelsäure behandelt, ohne unlösliche freie Säure zu liefern. Das übrige wurde mit Merkurinitrat in Quecksilbersalz verwandelt. Die Flüssigkeit wurde dabei sauer erhalten, sodass kaustisches Kali im Ueberschuss darin nur eine Trübung, und keinen Niederschlag von Oxyd hervorbrachte.

Der erste Quecksilberniederschlag war gefärbt, und wurde nicht beachtet, sondern entfernt. Mit mehr Merkurinitrat wurde jetzt ein weisser Niederschlag erhalten.

Experiment 6. Fünf Eisenniederschläge werden nacheinander aus derselben Flüssigkeit dargestellt; nur die zwei ersten enthalten Extractivsäuren.

Eine gewisse Menge Harn wurde filtrirt, aufs halbe Volum verdampft, abgekühlt, mit Kalk gemischt und filtrirt. Zu dem Filtrat wurde Eisenchlorid gesetzt bis Ammoak sogleich in einen Niederschlag von Eisenoxydhydrat in dem Filtrat hervorbrachte; der Eisenniederschlag wurde abfiltrirt, und mit Wasser gewaschen (Erster Eisenniederschlag).

Das Filtrat gab beim Kochen einen zweiten braunen Niederschlag (Zweiter Eisenniederschlag).

Das Filtrat von diesem, welches beim Kochen keinen weiteren Niederschlag gab, wurde mit Ammoniak in geringem Ueberschuss behandelt, wobei es sich dunkel grün färbte, und bei weiterem Zusatz von Ammoniak setzte es einen grünlichschwarzen Niederschlag ab. (Dritter Eisenniederschlag.) Durch weiteren Zusatz von Ammoniak und Kochen wurde ein vierter Eisenniederschlag von dunkelbrauner Farbe erhalten. Das Filtrat war jetzt dunkelbraun gefärbt, und gab auf Zusatz von Alkohol einen fünften Eisenniederschlag, das Filtrat war jetzt nur blassgelb, und enthielt wenig feste Stoffe.

Der dritte Niederschlag enthielt nur wenig organische Materie und bestand hauptsächlich aus Oxydoxydul, mit etwas Oxydulphosphat. Der vierte Niederschlag war hauptsächlich Oxydhydrat. Der fünfte Niederschlag bestand hauptsächlich aus unorganischen Materien, basischem Eisenchlorid; Potassiumchlorid und Sulphat; und enthielt auch Omicholin und Omicholsäure mit Eisen verbunden, aber kein Sodium.

Die beiden ersten Niederschläge wurden in Baryumsalz verwandelt. Ein Theil desselben wurde abermals mit Eisenchlorid in drei aufeinanderfolgenden Fractionen gefällt.

Fraction 1. 0,5451 liessen 0,0995 Fe_2O_3 = 12,76 Proc. Fe.
Fraction 2. 0,2025 liessen 0,0385 Fe_2O_3 = 13,30 Proc. Fe.
Fraction 3. 0,1958 liessen 0,0404 Fe_2O_3 = 14,44 Proc. Fe.

Diese Resultate liessen keinen Zweifel, dass der organische Körper in dem Baryumsalz noch eine Mischung war. Das ganze Baryumsalz wurde daher behandelt wie folgt. Es wurde mit Salzsäure zersetzt (Schwefelsäure zeigte sich als unbrauchbar) ein harziger Niederschlag fiel nieder, davon ein Theil in Alkohol löslich, ein anderer unlöslich war. Beide waren in Aether unlöslich. Ausserdem fiel ein weisser Niederschlag von Benzoesäure, welcher durch Aether ausgezogen wurde; der Aether enthielt auch ein wenig dem Omicholin ähnliche Substanz. Es blieb nun eine saure Lösung, welche mit Aetzkali und Barytwasser neutralisirt, filtrirt, und dann mit Eisenchlorid gefällt wurde.

Gereinigtes Eisensalz. 0,3250 liessen 0,0765 Fe_2O_3 = 16,48 Proc. Eisen.

Dieses Salz wurde abermals durch Kochen mit kaustischem

Baryt zersetzt; das Filtrat wurde kochend mit Kohlensäure behandelt, filtrirt, und zur Trockne verdampft. Das Salz war beinahe farblos.

0,2140 gaben 0,1305 $BaSO_4$ = 35,85 Proc. Ba.

0,4555 gaben 0,2755 $BaSO_4$ = 35,54 Proc. Ba.

Dieses Salz entspricht daher dem dreibasischen Kryptophanat, enthält aber wahrscheinlich noch ein wenig Paraphanat, davon es befreit werden muss. Fractionirte Fällungen mit Eisenchlorid und fractionirte Fällungen mit Alkohol werden vielleicht am besten zum Ziele führen.

Experiment 7. Eisensalz und Ammoniakprocess.

Das Eisensalz wurde aus konzentrirtem mit Kalk behandeltem Harn erhalten. Es wurde sorgfältig gewaschen und löste sich dann auf dem Filter in kaustischem Ammoniak auf, sodass die dunkelrothe Lösung durchs Filter lief. Beim Kochen und Verdampfen fiel beinahe alles Eisen (eine Spur blieb gelöst) heraus. Die Lösung des Ammoniaksalzes wurde vermittelst des Bleiprocesses behandelt, und lieferte viel reines Kryptophanat.

Aus diesen Experimenten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1) Der Harn des Menschen enthält beträchtliche Mengen von sogenannten Extractivstoffen, stickstoffhaltige Säuren, welche ich Kryptophan- und Paraphansäure genannt habe.

2) Dieselben können aus dem mit Kalk, oder besser mit Baryt alkalisch gemachten, auf ein Viertel konzentrirten Harn, durch Eisenchlorid vollständig gefällt werden. Die Mischung nimmt dabei eine starksaure Reaction an.

3) Das Eisensalz kann durch kaustischen Baryt, kaustisches Kali, oder Ammoniak zersetzt werden. Baryt zersetzt das Salz nicht vollständig, liefert aber das reinere Product. Schwefelammonium zersetzt das Eisensalz ebenfalls, allein die resultirende Kryptophansäure wird etwas schwefelhaltig.

4) Das Eisensalz enthält Hippur- oder Benzoesäure, meistens nur die letztere.

5) Das Eisensalz enthält ferner ein Alkaloid, das von der Kryptophansäure etc. durch einen directen Process getrennt werden kann, den ich in einer späteren Mittheilung beschreiben werde.

Schlussbemerkungen betreffend Herrn E. Salkowsky's „Beiträge zur Chemie des Harns".

In Band 2, S. 354 dieses Archivs 1869 hat Herr E. Salkowsky eine „Untersuchung des Niederschlags den Eisenchlorid, im Harn nach Ausfällen der Phosphorsäure verursacht" veröffentlicht. Er erhielt ein wenig Harnsäure; zwei gefärbte Stoffe in geringer Menge; durch Destilliren des kohlensauren Natron-Auszugs des Eisenniederschlags von 22 Liter Harn mit Weinsäure etc. 0,101 Grm. Natronsalz einer flüchtigen Säure; dann aus 35 Liter Harn auf ähnliche Weise 0,2230 Grm. Barytsalz, von dem er annimmt, dass es Propionsäure enthalten habe. Allein von den Extractivstoffen, welche er zu finden ausging, hat er keine Spur entdeckt. Wenn man die grossen Mengen derselben bedenkt, welche er aus 57 Liter Harn hätte erhalten haben müssen, und welche er, obwohl ihm unbewusst unter den Händen hatte, so sieht man wie es selbst dem Suchenden geschehen kann, vor lauter Bäumen den Wald nicht zu sehen. Auch der Fingerzeig, welchen sein Niederschlag b) hätte geben können, verliert er aus den Augen, und obwohl er die Identität seines braunen Pulvers mit meinem Uromelanin erkennt (und die seines in Alkohol löslichen rothbraunen Pulvers mit meinem Uropittin hätte erkennen sollen), so ist ihm doch „die chemische Individualität des Uromelanins nicht genügend begründet". Er vermeidet daher die Zusammensetzung der Substanzen, oder ihrer Verbindungen mit Metalloxyden zu ermitteln, injizirt sie aber Kaninchen ins Unterhautzellgewebe. Diese letzteren Experimente nun haben Angesichts der Hauptfrage nicht den geringsten Werth, und sind in der That nur eine Ausflucht, um mit den erhaltenen Substanzen, die zum Reinigen, Analysiren und Verbinden mit Metalloxyden offenbar viel zu geringfügig waren, doch etwas anzustellen. Allein derartige Experimente sind viel leichter als Darstellungen und Reinigungen chemischer Individuen, leichter als Elementaranalysen, leichter als Darstellung und Analysen von Verbindungen mit Metalloxyden, und stellen am Ende doch einen physiologischen Heroismus vor. Und dieser Heroismus befähigt dann auch wahrscheinlich Herrn E. Salkowsky, ohne Forschung, ohne Vergleiche, ohne Analysen gemacht zu haben, dem Uromelanin die chemische Individualität abzusprechen. Und dergleichen

nennt man „Beiträge zur Chemie des Harns“! Und derselbe Kritiker, welcher dem nach allen Richtungen durch und durch analysirten Uromelanin die chemische Individualität abspricht, verlangt oder erwartet, dass man eine einzige und auf die Voraussetzung nicht einmal gut passende Barytbestimmung als Berechtigung für ihn betrachte, das Bischen Substanz, in welchem dieser Baryt enthalten war, als fast reinen propionsauren Baryt anzunehmen! Diess ist wohl „Sic vos non vobis“ ins Wissenschaftliche übersetzt. Derartige Lucubrationen tragen ihren Titel nur aus Courtoisie, dem „lucus a non lucendo“ ähnlich heissen sie „Beiträge“ weil sie zur Vermehrung unsrer Kenntnisse wirklich nichts beitragen.

Abwehr der Verdächtigungen, welche Herr Neubauer zu Wiesbaden betreffs der Kryptophansäure veröffentlicht hat.

Von

J. L. W. Thudichum

in London.

S. 53 seiner „Anleitung zur Analyse des Harns“ gibt Herr Neubauer einen Paragraphen in kleinen Diamanttypen, die Krytophansäure behandelnd. Er gibt keine Formel, keine Angabe über die elementare Zusammensetzung, keinerlei Nachricht von den Verbindungen oder dem sonstigen Verhalten der Säure. Nachdem er im Anfang das wohlfeile Mittel des Fragezeichens in Klammer gebraucht hat, schliesst er seine Relation mit einem Versuch zu einem Sarkasmus, und dann mit den Worten — „allein weitere Untersuchungen müssen noch entscheiden, ob wir es hier in der That wirklich“ (der Pleonasmus gehört Herrn Neubauer) „mit einer reinen Substanz zu thun haben, was nach der beschriebenen Darstellungsmethode nicht über jeden Zweifel erhaben ist.“ Allein

von diesen weiteren Untersuchungrn stellt Herr Neubauer keine an, des Majestätspluralis ungeachtet. Er erklärt nicht einmal, wie die Darstellungsmethode als Kriterium der Reinheit gehandhabt werden kann, und verschweigt, dass ich nicht nur eine, sondern eine ganze Anzahl von Darstellungsmethoden der Kryptophansäure angegeben habe. In der That eine ungenauere Beziehung auf meine Untersuchungen lässt sich kaum denken; die Einwände haben keine Energie, die Zulassungen keine Grazie. Kein Leser kann sich an dem Paragraphen unterrichten, kein Laborant kann danach arbeiten.

S. 244 aber gibt Herr Neubauer einen Nachtrag, folgenden Inhalts: „Die §. 11 kurz besprochene Kryptophansäure Thudichum's ist nach den Untersuchungen von Pircher, wie zu erwarten war, ein unreines Gemenge verschiedener organischer und unorganischer Stoffe."

Dieses merkwürdige Resultat des Herrn Pircher nun ist Herrn Professor Neubauer offenbar willkommen, denn sein prophetischer Geist hat dasselbe von S. 53 bis S. 244 erwartet. Die Gründe, aus denen diese Offenbarung „zu erwarten war", gibt er zwar auch diesmal nicht an. Allein für einen Neubauer ist ein Pircher offenbar eine so überwältigende Autorität, dass er sich ihm sofort anschliesst, und seinen Meinungen mit weiterer Wortfülle Nachdruck gibt. Er erschrickt nicht einmal vor der Verläumdung die darin besteht, den Befund des Herrn Pircher mir in die Schuhe zu schieben. Und dergleichen heisst Anleitung zur Analyse des Harns.

Während Herr Neubauer die zahlreichsten Analysen, z. B. der Kryptophansäure und ihrer Salze, des Bilirubins und seiner Verbindungen, der Zersetzungsprodukte des Urochroms, und anderer Körper, geradezu in den Wind schlägt, verlangt er für die Resultate seiner eigenen Operationen, auch wenn die Producte durch keine einzige quantitative Elementarbestimmung beglaubigt sind, die frömmste Gläubigkeit des Lesers. So für das Product seiner „Methode, die ein sicheres Auffinden des Xanthins im Harn gestattet". (S. 24.)

Es liegt kein einziger Beweis vor, dass der auf diese Weise erhaltene Körper Xanthin ist: er kann geradesowohl Theobromin, oder Guanin, oder ein Zersetzungsproduct des Urochroms, als Xanthin sein; ja er könnte aus zwei oder drei dieser Körper,

oder aus allen vieren zusammengemischt sein, denn die Darstellungsmethode würde sie nicht trennen.

Vollständig fehlerhaft ist die Darstellung, welche Herr Neubauer von der Zusammensetzung der Gallenfarbstoffe und dem Verhältniss derselben zu einander gibt. Er wiederholt nämlich die alten oder zweiten Formeln Städeler's, ohne auch nur Notiz von dem Umstande zu nehmen, dass Städeler selbst diese seine Formeln bereits Jahre vorher aufgegeben und mit einer sechsbasischen Säurehypothese vertauscht hatte (in der Ausgabe des Gmelin von Kraut). Das ganze Capitel ist von den Irrthümern entstellt, welche ich in einer früheren Mittheilung den Lesern des Archivs auseinandergesetzt habe. Da wird die Gmelin'sche Reaction „sehr elegant und sicher" mit Bromwasser ausgeführt, und von der Widerlegung dieses Irrthums keine Notiz genommen. Trivialitäten werden als „prachtvoll" geschildert, und entscheidend mathematisch-analytische Grundthatsachen werden unterdrückt. Und mit diesen kritiklosen und fehlerhaften Lehren sollen Mediciner zur Heilwissenschaft, und Chemiker und Pharmazeuten zur klinischen Analyse herangebildet werden. Da ist es Zeit und Nothwendigkeit, dass man diejenigen, welche solche Werke für Gewinn verkaufen, an ihre Pflicht gegen die Käufer erinnere, die einschliesst, dass sie ihnen über die abgehandelten Gegenstände richtige und vollständige Nachricht geben; die aber, welche Lehrer sein wollen, müssen ermahnt werden, dass sie nicht nur Pflichten gegen die Autoren haben, die ihre Zeitgenossen sind, sondern auch, und ganz besonders gegen das kommende Geschlecht der jetzt Lernenden, und durch diese gegen die Menschheit.

Fermentprocesse unter dem Einfluss von Gasen.

Von

Otto Nasse.

Die folgenden Zeilen sollen zunächst einen kleinen Nachtrag liefern zu einer früheren Mittheilung in diesem Archiv (Bd. XI, pag. 138), in welcher gezeigt war eine sehr bedeutende, für jedes Ferment specifische Abhängigkeit der Fermente in ihrer Wirkung von der gleichzeitigen Anwesenheit von Molekülen verschiedener Art. Schon dort wurde hingewiesen auf die, wie mir es schien, nicht ganz unwichtige Frage, inwieweit luftförmige Körper Fermentationen zu beeinflussen im Stande wären, es wurden darauf bezügliche Vermuthungen ausgesprochen, doch konnten noch keine Thatsachen beigebracht werden mit Ausnahme der bekannten Wirkung der Kohlensäure auf die contraktile Substanz, die uns im Weiteren noch eingehend beschäftigen wird.

Die ungeformten Fermente angehend, so beschränkt sich meine Untersuchung auf zwei Fermente, Invertin und Ptyalin.

Das Invertin, früher schon seiner grossen Empfindlichkeit wegen als vorzüglich befunden zu derartigen Studien an den Fermenten, täuschte auch jetzt meine Erwartungen nicht. Es wird genügen einen vollkommenen Versuch hier anzuführen. Von einer eiskalten Mischung von Rohrzuckerlösung und Invertin werden gleiche Mengen in fünf Becherkolben vertheilt, durch vier derselben die unten bezeichneten Gasarten hindurchgeleitet, der fünfte offen gelassen, so dass sein Inhalt in fortwährendem Austausch mit der Luft des Laboratoriums bleibt, die übrigens jene vier Gasarten nach ihrem Durchstreichen durch die Fermentationsgemische nicht aufnimmt. Die Becherkolben stehen in einem gemeinsamen, anfangs mit eiskaltem Wasser gefüllten Wasserbad, dessen Inhalt, wenn sich annehmen lässt, dass die Gefässe nunmehr bloss mit der jedesmaligen bestimmten Gasart gefüllt sind, allmählig bis zum Optimum der Temperatur erwärmt, auf diesem einige Zeit erhalten, und schliesslich (nach $1^1/_4{}^h$) zum Sieden erhitzt wird, um die Inversion zu unterbrechen. Es fand sich nun an Invertzucker

Milligramm 0 im Sauerstoff
0 im Kohlenoxyd
8 im Wasserstoff
20 in der Kohlensäure
7 im offen gebliebenen Becherkolben.

Zu den hemmenden Gasen ist auch der Stickstoff zu rechnen, wofür als Beweis anzuführen, dass bei hinreichender Lüftung mit kohlensäurefreier atmosphärischer Luft ebenfalls die Inversion ausbleibt. Ich betone besonders das Fehlen der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft, denn nur durch den Kohlensäure-Gehalt der Luft des Arbeitsraumes erklärt sich die immerhin schon recht bemerkliche Fermentation, die in dem offenen Gefäss eingetreten ist. Die Hemmung durch Sauerstoff und ebenso durch Kohlenoxyd ist nämlich eine zwar vollkommene, so dass auch bei tagelangem Digeriren es nicht zur Inversion kommt, aber die hemmende Kraft ist nur schwach, daher auch schon geringe Mengen von Kohlensäure eine nicht unbeträchtliche Wirkung ausüben. Zwei Parallelversuche mit atmosphärischer Luft einerseits direct dem Zimmer entnommen und andererseits sorgfältig von Kohlensäure befreit zeigen den gedachten Unterschied auf das deutlichste. Ebenso können Täuschungen in Bezug auf die Bedeutung des Kohlenoxydes eintreten — und so erging es mir in einem der ersten Versuche — wenn man für die Reinigung des aus Oxalsäure und Schwefelsäure entwickelten Kohlenoxyds nicht genügend Sorge trägt. Es ist nicht unmöglich, dass der beschleunigende Einfluss des Wasserstoffs auch auf einen Gehalt desselben an Kohlensäure zurückzuführen ist. Ich habe dies nicht näher untersucht und ebensowenig, ob nicht vielleicht geringere Menge der vorgenannten hemmenden Gase beschleunigend wirken können. Es ist dies eine Möglichkeit, auf die ich schon früher gelegentlich der aufgefundenen Hemmung durch Salze hingewiesen habe und an die ich jetzt noch besonders dachte bei dem so nahe liegenden Vergleich der Wirkung des Sauerstoffs auf Invertin und auf das Athmungscentrum. Fast überflüssig möchte schliesslich die Bemerkung erscheinen, die z. Th. aus dem Mitgetheilten bereits erschlossen werden kann, dass in keinem der hemmenden Gase, insbesondere auch nicht im Sauerstoff das Ferment zerstört wird. Die Hemmung ist nur eine vorübergehende.

Sehr wenig wird die Thätigkeit von Ptyalin in menschlicher Saliva mixta durch Gase verändert. Mag man Kohlenoxyd, Wasser-

stoff, Sauerstoff oder atmosphärische Luft durch die Mischung von Saliva mit Glykogenlösung treiben, oder das Digestionsgefäss einfach offen lassen: man findet keine Unterschiede in dem Reductionsvermögen. Nur Kohlensäure beschleunigt die Umsetzung, und auch nur in geringem Grade. Im günstigsten Falle wurde verglichen mit den anderen genannten Gasen eine Vermehrung des Reductionsvermögens um $^1/_5$ bis $^1/_4$ gefunden. Das gilt für reine Kohlensäure wie für ein 8% Kohlensäure enthaltendes Gemisch von atmosphärischer Luft mit Kohlensäure, was ich mit Rücksicht auf einen Vergleich mit der Wirkung der Kohlensäure auf Muskelsubstanz besonders hervorheben möchte.

Die bis dahin mitgetheilten Beobachtungen liessen erwarten, dass eine Ausdehnung solcher Versuche auf andere Fermente noch manche für allgemeine und specielle Physiologie nicht uninteressante Thatsachen liefern würden, für mich genügte es aber jetzt den Einfluss von Gasen auf die Thätigkeit ungeformter Fermente überhaupt nachgewiesen zu haben, um mich nun den Fermentationsprozessen in den lebenden thierischen Geweben zuwenden zu können. In Bezug auf meine Auffassung der Vorgänge in den thierischen Geweben verweise ich auf die oben citirte Abhandlung in diesem Archiv. Ich wiederhole hier nur, dass ich meine Auffassung der Lebensprozesse keineswegs als zu den Pflüger'schen Erklärungen (dies. Arch. Bd. X pag. 251 und Bd. XV pag. 97) im Gegensatz stehend habe bezeichnen wollen. Nur über den Grad der Bedeutung der Fermente als Mittelglieder bei der Einwirkung der Wärme, wenn ich mich so ausdrücken darf, gehen unsere Ansichten etwas auseinander.

Das Verhalten der Muskelsubstanz in verschiedenen Gasen ist schon mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Was die Kohlensäure angeht, so kommen die Angaben von G. Liebig[1]), J. Ranke[2]) und L. Hermann[3]) darin überein, dass die Erstarrung des Muskels in Kohlensäure beschleunigt wird, die Erregbarkeit eher abnimmt als in Sauerstoff oder atmosphärischer Luft. Nun

---

1) Ueber die Respiration der Muskeln. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1850, pag. 393.

2) Untersuchungen über die chemischen Bedingungen der Ermüdung des Muskels, ebenda 1864, pag. 320.

3) Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln. Berlin 1867, pag. 54.

ist die Säurebestimmung aber so schwierig, zumal bei Anwesenheit von Kohlensäure, dass ich vorzog die Muskelerstarrung in der Kohlensäure, die, wie gleich hier gesagt sein mag, nicht so einfach ist, als es nach dem Obigen scheinen möchte, nicht an der Säurung der Muskelsubstanz, sondern an der Zersetzung (Umwandlung und Verbrauch) ihrer Kohlehydrate zu verfolgen. Uebrigens konnte dabei doch noch bis zu einem gewissen Grade auch die Säurebildung theils direct im Auge behalten, theils indirect aus jener Zersetzung erschlossen werden. Zum Verständniss der unten folgenden Tabelle sei noch vorausgeschickt, dass es sich, soweit Kaninchen zu den Versuchen verwendet wurden, um deren in nur wenige Stücke zerschnittene Rückenmuskeln, vertheilt in zwei mit gleichen Mengen einprocentiger Kochsalzlösung gefüllte Gefässe, handelt. Von den Fröschen nahm ich zu jedem Versuche mehrere, von jedem Frosch eine der hinteren Hälften (im Becken halbirt, die Füsse amputirt), aus denen die Knochen erst nach Beendigung des Versuches entfernt werden. Das eine der Gefässe bleibt nur während der Dauer des Versuches offen, oder es wird atmosphärische Luft eingeleitet (wodurch der Erfolg sich nicht ändert), durch das andere geht ein continuirlicher Strom von Kohlensäure. Das Gaseinleitungsrohr taucht anfangs in die die Muskeln umspülende Flüssigkeit, muss später aber des starken Schäumens wegen bis über den Flüssigkeitsspiegel gehoben werden. Die Froschmuskeln bleiben in der grade im Zimmer herrschenden Temperatur, die Kaninchenmuskeln werden in einem Wasserbad auf der Temperatur von 39° C. erhalten. Beendet wird der Versuch durch rasches Erhitzen des Inhaltes der Gefässe auf Siedetemperatur nach einer Zeit, die für jeden einzelnen Fall die letzte Spalte der Tabelle angibt. Die nun in beiden Muskelpartieen sich noch findenden Mengen von 1) Fleischzucker, als Traubenzucker betrachtet (vgl. dies. Arch. Bd. XIV pag. 482) und in Glykogen umgerechnet, 2) Glykogen und 3) der Summe der Kohlehydrate im Muskel, wieder als Glykogen berechnet, und Alles in Procenten der frischen Muskelsubstanz ausgedrückt, sind in den ersten drei Stäben der Tabelle mitgetheilt.

Nro. d. Versuche.	Thierart.	Versuchs-Bedingungen.	Procentgehalt an Traubenz. berechnet als Glykogen.	Glykogen.	Kohlehydraten in toto berechnet als Glykogen.	Dauer des Versuches.
I.	Kaninchen.	Luft Kohlensäure	0,08 0,12	0,19 0,19	0,27 0,31	$1^1/_2{}^h$
II.	dto.	Luft Kohlensäure	0,14 0,16	0,25 0,25	0,39 0,41	1^h
III.	dto.	Luft Kohlensäure	0,18 0,23	0 0	0,18 0,23	4^h
IV.	dto.	Luft Kohlensäure	0,08 0,09	0,15 0,18	0,23 0,27	$2^1/_2{}^h$
V.	dto.	Luft Kohlensäure	0,10 0,12	0,17 0,11	0,27 0,23	3^h
VI.	dto.	Luft Kohlensäure	0,21 0,24	0 0	0,21 0,24	4^h
VII.	dto.	Luft Kohlensäure	0,22 0,26	0 0	0,22 0,26	7^h
VIII.	dto.	Luft Kohlensäure	0,11 0,10	0,18 0,36	0,29 0,46	7^h
IX.	Frösche	Luft Kohlensäure	Λ	0,62 0,72	0,62 0,72	$5^1/_2{}^h$
X.	dto.	Luft Kohlensäure	0,02 0,11	0,42 0,30	0,44 0,41	6^h

Zwei Versuche (V und X) ausgenommen ist nun die Gesammtmenge der Kohlehydrate im Muskel als Glykogen berechnet (Σ Kohleh.) im Kohlensäure-Muskel stets grösser gefunden als im Luft-Muskel, und zwar sowohl wenn in ersterem allein noch Fleischzucker, als auch wenn neben diesem noch grössere oder geringere Mengen von Glykogen vorhanden waren. Da schien mir denn die Möglichkeit nicht auszuschliessen zu sein, dass es sich um eine

unter dem Einfluss von Kohlensäure vor sich gehende Bildung von Glykogen handele. Es gründet sich eine solche Vermuthung auf die wiederholt gemachten Beobachtungen von vermehrtem Eiweisszerfall im Organismus bei verminderter Sauerstoff-Zufuhr, und den von J. Forster[1]) gelieferten Nachweis der Abstammung des Leber-Glykogens aus Eiweiss, das ich schon vor längerer Zeit (dieses Arch. Bd. II pag. 114) auch im Muskel als die Muttersubstanz des Glykogens angesprochen habe. Die in Frage gestellte Möglichkeit wurde einer experimentellen Prüfung unterzogen. Ich erhielt aber, sowohl bei Kaninchen wie bei Fröschen sehr bedeutende, mit der Zeit zunehmende Differenzen zwischen dem ursprünglichen Glykogengehalt der Muskeln und der Σ Kohleh. nach Behandlung mit Kohlensäure, so beispielsweise bei Fröschen eine Abnahme von

0,46% auf 0,45% nach 6^h
0,41 „ 0,31 „ $7^1/_2{}^h$
1,09 „ 0,69 „ 24^h Dauer des Versuchs.

Da somit diese Vermuthung fiel, so blieb Nichts Anderes übrig, als entgegengesetzt den frühern Annahmen auf eine Hemmung des Verbrauches an Kohlehydraten, auf eine Hemmung der Säurebildung, dieses zusammengefasst auf eine Hemmung (richtiger Verzögerung) des Erstarrens der Muskelsubstanz in der Kohlensäure zu schliessen. Die Hemmung der Säurebildung wird nicht bloss gefolgert aus dem Verhalten der Kohlehydrate, von denen mit einer der Gewissheit sich nähernden Wahrscheinlichkeit die Säure abzuleiten ist, sondern sie wird auch direct beobachtet, insofern die fein zerkleinerten und in Wasser aufgeschwemmten Kohlensäure-Muskeln zur vollkommenen Ausfällung der Eiweisskörper bei Siedehitze eines grösseren Zusatzes von verdünnter Essigsäure bedürfen, als die Luft-Muskeln. Dasselbe beobachtet man bei auf gleiche Weise behandelter Lebersubstanz. Trotzdem sind nun aber jene oben citirten älteren Angaben über Säurung des Muskels in Kohlensäure keineswegs unrichtig, finden sich doch auch unter meinen Versuchen einige ihnen entsprechende (V und X). Die Sache liegt nämlich folgender Maassen: die Kohlensäure beschleunigt im Anfang den Verbrauch von Kohlehydraten, nach einiger Zeit verzögert sie denselben. Graphisch ausgedrückt würden sich also die Curven

1) Ueber die Abstammung des Glykogens im Thierkörper. Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. Wissensch. 1876, pag. 138.

für den Gehalt der Kohlensäure- und Luft-Muskeln an Σ Kohleh., die Zeit als Abscisse genommen, von demselben Punkte beginnend nach einiger Zeit kreuzen, um sich später wieder zu vereinigen.

Ein Blick auf die erste Spalte unserer Tabelle zeigt nun weiter in sämmtlichen Versuchen (mit Ausnahme von VIII, wo ein Fehler vorliegen könnte) einen Mehrgehalt der Kohlensäure-Muskeln an Fleischzucker. In einigen Fällen (I, II) bedingt die Verschiedenheit im Fleischzuckergehalt allein die Differenz in Σ Kohleh., in anderen (IV, VIII, IX) kommt eine gleichsinnige Differenz im Glykogengehalt hinzu, während in den beiden schon erwähnten Ausnahmefällen V und X der Unterschied durch eine entgegengesetzte Differenz im Glykogengehalt überboten wird. Auch die Curven für das Glykogen schneiden sich also, um schliesslich beide, die des Kohlensäure-Muskels nur später, auf die Abscisse hinabzugehen. Die Curven für den Fleischzucker scheinen, wenn man von VIII absieht, stets übereinander zu laufen, der Zuckergehalt wird in den Luft-Muskeln niemals so hoch als in den Kohlensäure-Muskeln. Die Deutung hiervon ist offenbar die, dass der Verbrauch von Kohlehydraten und dem entsprechend die Säurebildung durch Kohlensäure mehr gehemmt wird als die Umwandlung des Glykogens in Zucker, und es ist wohl nicht allzugewagt hiernach zu vermuthen, dass Zuckerbildung und Säurebildung durch verschiedene Fermente bedingt werden.

Wenn wir nun die Wirkung der Kohlensäure auf die Muskelsubstanz dahin zusammenfassen: Reine Kohlensäure beschleunigt anfangs die Zuckerbildung und den Zuckerverbrauch, und zwar jene mehr als diese, verzögert aber im weiteren Verlaufe beide Vorgänge und zwar den Zuckerverbrauch mehr als die Zuckerbildung, so ist dabei noch einmal hervorzuheben, dass es sich eben nur um Verzögerung, nicht um vollkommene Hemmung handelt, denn auch der Kohlensäure-Muskel wird schliesslich ganz sauer und enthält nicht mehr Kohlehydrate als der in atmosphärischer Luft erstarrte.

Suchen wir nun nach einer Erklärung der Wirkung der Kohlensäure, so ist eine solche, so weit es sich um Beschleunigung der Muskelstarre handelt, einstweilen eben so unmöglich wie bei der Beschleunigung der Thätigkeit des Invertins durch Kohlensäure und anderen früher mitgetheilten Fällen von Beschleunigung

durch die verschiedenartigsten Stoffe. Etwas anders steht es indess mit der hemmenden Wirkung der Kohlensäure. Wenn man in der die Muskeln umspülenden und bald lösliche Stoffe derselben enthaltenden Chlornatrium-Lösung in Folge des Durchleitens von Kohlensäure schon bald Gerinnungen eintreten sieht (ebenso wie in einem Brei von feinzerriebener Lebersubstanz) und an die von L. Hermann[1]) mitgetheilte Thatsache denkt, dass bei dünnen Muskeln vollkommenes Weisswerden rasch eintritt, bei dicken Muskeln zuerst in den peripherischen Schichten, während das Innere noch erregbar sein kann, so könnte man es für möglich halten, dass die Muskelstücke vielleicht von einer nur schwer von Kohlensäure zu durchdringenden Schicht von geronnener Substanz umschlossen werden. Gegen eine solche grob mechanische Erklärung scheint mir folgende Thatsache zu sprechen. Es enthielten Kaninchenmuskeln nach dreistündigem Durchleiten von a) reiner Kohlensäure, b) einem Gemisch von atmosphärischer Luft und 8 Vol. % Kohlensäure

	Traubenz. als Glykogen berechnet	Glykogen	Σ Kohleh.
a)	0,09	0,42	0,51
b)	0,07	0,09	0,16.

Immerhin kann aber die Möglichkeit, dass die reine Kohlensäure das (hypothetische) Ferment der Muskeln sei es direkt, sei es indirekt unlöslich und so unwirksam mache, nicht zurückgewiesen werden.

Von welchem Procentgehalt von Kohlensäure in einem sonst indifferenten Luftgemisch ab die Hemmung beginnt, habe ich nicht des Nähern untersucht. Bei Gemischen von gleichen Volumina Kohlensäure und Sauerstoff oder Kohlenoxyd fand ich Hemmung wie bei reiner Kohlensäure und keinen Unterschied zwischen den beiden Mischungen.

Es erschien mir nun wünschenswerth, diese Versuche mit den reinen Fermenten der Gewebe und den reinen Substraten zu wiederholen, es ist mir aber zu meinem grossen Bedauern immer noch nicht gelungen hierzu hinreichende Mengen von Ferment aus den Muskeln (und ebenso aus der Leber) zu isoliren. Die Isoli-

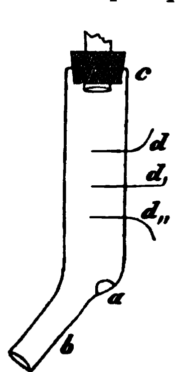
1) A. o. a. O.

rung ist übrigens wohl nicht leicht, wie ich aus den mit den meinigen übereinstimmenden Erfahrungen von Kühne[1]) ersehe.

Der immerhin verhältnissmässig geringen d. h. langsamen Erregung der Zersetzungen im Muskel entsprechend sehen wir die Kohlensäure niemals als Muskelreiz wirken, ja es fehlt sogar an einer deutlich erkennbaren Erhöhung der Erregbarkeit. Bei curarisirten Fröschen verliert sich die Erregbarkeit ganz allmählig.

Auf die Aehnlichkeiten im Verhalten des Flimmerepithels und der Bacterien gegenüber der Kohlensäure sei hier nur hingewiesen; eigene Beobachtungen nach diesen Richtungen liegen mir nicht vor.

Hingegen möchte ich noch kurz die Wirkung der Kohlensäure auf das Nervensystem berühren. Eine Untersuchung über die stofflichen Veränderungen desselben unter dem Einfluss von Kohlensäure habe ich freilich auch nicht angestellt — fehlt es doch noch an weit einfacheren Untersuchungen — und doch lässt sich eine gewisse Aehnlichkeit der Wirkung der Kohlensäure auf Muskel- und Nervensystem zeigen. Freilich ist hier zu unterscheiden zwischen den nervösen Centralorganen und den peripherischen Nerven. Von den peripherischen Nerven wissen wir durch J. Ranke[2]), dass ohne vorhergehende Erhöhung die Erregbarkeit eine Herabsetzung erleidet, jedoch für lange Zeit nicht vollkommen vernichtet wird, und, wenn die Kohlensäure durch ein beliebiges indifferentes Gas verdrängt wird, zu ihrer ursprünglichen Höhe zurückkehrt. Ich habe die Versuche mit dem gleichen Ergebnis bis zu einer Mischung von atmosphärischer Luft und 4% Kohlensäure hinab verfolgt, mit Hülfe des verkleinert nebengezeichneten Glasapparates, in welchem es durch Verschluss der für den Nerven dienenden Oeffnung a mit Thon leicht gelingt, das betreffende Gas, das durch b ein und die mit einem Kork in c befestigte Glasröhre austritt, auf den Nerven allein zu beschränken[3]). Zur Auswahl sind mehrere Platindrähte als Electroden (dd,d,,) in das Glas eingeschmolzen. Besondere Versuche lehrten nun



1) Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Verhandl. d. naturhist. med. Vereins zu Heidelberg. Bd. II, Heft 1. 1877.

2) Die Lebensbedingungen der Nerven. Leipzig 1868, pag. 97 ff.

3) Was übrigens, wenn es sich um Kohlensäure handelt, nicht unumgänglich nöthig ist, wie auch Ranke mit Recht bemerkt.

noch, dass in der mit Kohlensäure behandelten Strecke des Nerven auch bei längerer Einwirkung von reiner Kohlensäure, d. i. bedeutender Herabsetzung der Erregbarkeit, keine Veränderung der Leitungsfähigkeit eintritt. Ein U-förmig gebogenes Glasrohr mit zwei Durchbohrungen unten an der Krümmung, nach dem Durchziehen des Nerven wieder mit Thon verschlossen, oder auch ein grades Glasrohr mit zwei einander gegenüberstehenden Löchern in der Wandung diente zu diesen Beobachtungen. Man kann auf diese Weise die Nervenstrecke innerhalb des mit dem betreffenden Gase, hier Kohlensäure, gefüllten Glasrohres beliebig lang nehmen. — Dass die Erregbarkeit unter dem Einfluss von Kohlensäure nur bis zu einem gewissen Grad sinkt, der von der Menge derselben abhängt, ist eine sehr auffallende Thatsache, für die eine Erklärung fehlt. Mit J. Ranke[2]) eine Beschränkung der Wirkung auf die Oberfläche des Nerven anzunehmen, ist mir wenigstens zu gewagt, denn ich finde in den Nervenfasern sämmtlicher Muskeln des Unterschenkels und Fusses vom Frosch eine Herabsetzung der Erregbarkeit, wenn der Ischiadicus in Kohlensäure liegt, und habe nicht den geringsten Grund zu glauben, dass von sämmtlichen im Ischiadicus vereinigten Muskelnerven je ein Theil an der Oberfläche des gemeinsamen Nervenstammes liegt.

Ungleich wichtiger als die peripherischen Nerven sind für uns hier die Nervencentren, in denen man fast ganz allgemein bei Anhäufung von Kohlensäure im Blute — directe Application gab mir bei Fröschen keine Resultate — eine bis zur heftigsten Erregung sich steigernde Erhöhung der Erregbarkeit nachweisen kann, der bald ein Zustand der Lähmung folgt. Im Sinne der Fermentvorgänge haben wir also anfangs Beschleunigung, dann Hemmung der Processe. Dies ist am längsten bekannt für das Athemcentrum: Anhäufung von Kohlensäure ist lange Zeit als einzige Ursache der Athembewegungen betrachtet worden. Auch ich habe mich früher in diesem Sinne geäussert (Medic. Centralblatt 1870. Nr. 18) mich stützend auf Versuche, die ich hier nicht wiederhole, zumal ich eingesehen habe, dass dieselben nicht schlagend genug sind. Weiche ich den besonders von J. Rosenthal[3]) gegen

---

1) A. o. a. O. pag. 132.

2) Studien über Athembewegungen. Dritter Artikel. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870, pag. 423.

die Beweisfähigkeit jener Versuche vorgebrachten Einwänden, was vielleicht aus meinem bisherigen Schweigen bereits geschlossen ist, so muss ich aber doch noch hinzufügen, dass mich zu dieser Veränderung der Auffassung zu einem, wenn auch kleinen Theile mit bestimmt die von mir gefundene, oben mitgetheilte Hemmung gewisser Fermentationen durch Sauerstoff, bei deren Besprechung ich schon auf die Aehnlichkeit mit der Hemmung der Erregbarkeit in der Apnoe hingewiesen habe. Um allen Vorwürfen zu entgehen betone ich selbst die Unvollkommenheit dieses Vergleiches, den ich kaum erwähnen würde, hätte derselbe mich nicht auf das Capitel der Ursache der Athembewegungen gebracht. Mit dem Zusatze, dass auch Sauerstoff-Mangel, richtiger Sauerstoff-Verminderung, da Mangel vollkommenes Fehlen bedeutet, das Athmungscentrum zu erregen im Stande ist, bleibt übrigens meine damalige, ursprünglich von L. Hermann (dies. Arch. Bd. III pag. 8) angedeutete, von mir aufgenommene und weiter ausgeführte Erklärung der Ursache der Athembewegungen vollständig bestehen, ja ich kann mich in einer Beziehung sogar noch entschiedener aussprechen, nicht blos sagen: es ist „denkbar“, sondern: es ist in hohem Grade wahrscheinlich, „dass dieselbe CO_2-menge, die bei normalem O-gehalt des Blutes einen nur ganz schwachen Reiz ausübt, bei vermindertem O-gehalt die Erscheinungen der Dyspnoe hervorzurufen im Stande ist“. Denn wenn ich jetzt die Erregung durch verminderten Sauerstoffgehalt zugebe, so brauche ich nicht weiter nach Belegen für die Annahme einer erhöhten Erregbarkeit bei diesem Zustand zu suchen, da die letztere von der Erregung selbst unzertrennlich ist.

(Physiologisches Laboratorium in Zürich.)

Die Wirkungen von Pilocarpin und Atropin auf die Schweissdrüsen der Katze.

Ein Beitrag zur Lehre vom doppelseitigen Antagonismus zweier Gifte.

Von

Dr. **B. Luchsinger,**

Docent an der Universität, Professor an der Thierarzneischule in Zürich.

Kaum hatten meine neulich in diesem Archiv Bd. XIV niedergelegten Untersuchungen an den Schweissdrüsen[1]) der Katze einige der hauptsächlichsten Secretionsbedingungen klargelegt, als auch schon eindringlicher die Kunde von einem neuen, ganz ausgezeichneten Schweiss-treibenden Mittel erscholl. Zwar hatte ich schon damals mit Extracten aus folia Jaborandi Versuche unternommen; dieselben hatten mich aber keineswegs zu befriedigenden Resultaten geführt. Nur um so mehr musste mich daher die Nachricht von der Reindarstellung jenes wirksamen Princips und dessen promptem Erfolge[2]) zu weitern, eigenen Versuchen reizen.

Der Versuchsplan selbst war durch die frühern Erfolge klar vorgeschrieben. Jene damals untersuchten Mittel hatten ja alle ihren nächsten Angriffspunkt an bestimmten Stellen des centralen Nervensystems und verschlug ihre Wirkung stets, sobald die Drüsen aus ihrer Verbindung mit jenen Schweisscentren gelöst waren.

Der dort ausgeführten Gründe halber interessirten mich auch jetzt wieder nur die Hinterpfoten, da eben hier alle Schweissnerven zusammen in der Bahn eines einzigen Nerven — des n. ischia-

---

1) Schon in jenen frühern Versuchen, ebenso auch jetzt wieder habe ich häufig an vorher aufs sorgfältigste gereinigten Pfoten die Reaction des Katzenschweisses untersucht und dieselbe stets stark alkalisch gefunden. Dasselbe gilt vom Schweiss des Pferdes. Diese von dem menschlichen Excret abweichende Eigenthümlichkeit kann natürlich keinen Grund abgeben, jene Absonderungen jetzt nicht mehr als Schweiss anzuerkennen, wie solches nach Eckhard, Beiträge zur Anat. u. Physiol. Bd. VIII, pag. 121 für das Pferd den Anschein haben könnte.

2) Adolf Weber, über die Wirkung des Pilocarpium muriaticum, Medicin. Centralblatt 1876. Nr. 44.

dicus — liegen, die Lösung der Continuität von Centren und Drüsen hier also am möglichst einfachsten auszuführen ist.

Versuch I.[1])

Einer jungen Katze wird der eine n. ischiadicus am Oberschenkel durchschnitten, das periphere Ende kurze Zeit mit tetanisirenden Strömen gereizt. Nur wenn Secretion eingetreten, was allerdings meist der Fall, kann der eigentliche Versuch angestellt werden. Man injicire 0,01 Grm. Pilocarpinum muriaticum in wässriger Lösung unter die Rückenhaut. Schon zwei Minuten darauf beginnt Speichelsecretion[2]) und hält dieselbe in ausgiebigem Maasse durch mehrere Stunden an.

Drei Minuten nach dem Einstich erscheinen so ziemlich gleichzeitig an allen vier Pfoten Schweisstropfen, wird sehr bald die Secretion äusserst reichlich und bleibt ebenfalls mehrere Stunden andauernd. Auch in der Quantität des gelieferten Secretes braucht die entnervte Seite keineswegs zurückzustehen, ja kann dieselbe im Gegentheil die gesunde Pfote sogar öfters noch übertreffen.

Von anderweitigen Erscheinungen fielen auf beträchtliche Thränensecretion, etwas verengte Pupille, stark vermehrte Peristaltik.

Damit haben wir also in dem Pilocarpin ein Mittel gefunden, das auch peripher, unabhängig vom centralen Nervensystem in deutlichster Art Schweisssecretion auszulösen vermag.

Doch wo liegt der Angriffspunkt dieser peripheren Reizung? In der Drüsenzelle selbst oder etwa in allerdings noch nicht nachgewiesenen, aber doch sehr wahrscheinlichen letzten Nervenendigungen?

Versuch II.

Einer jungen Katze, deren n. ischiadicus vor 2 Tagen durchschnitten worden, wird 0,01 Grm. Pilocarpin subcutan injicirt. Es tritt wiederum auch auf der operirten Seite Schweiss auf, jedoch jetzt in geringerem Grade als auf der gesunden.

Der gleiche Versuch wird 6 Tage nach der Durchschneidung des Hüftnerven wiederholt, diessmal bleibt aber das Schwitzen auf der entnervten Seite beharrlich aus, selbst dann noch, wenn weitere 0,01 Grm. Pilocarpin direct unter die Sohle jener Pfote injicirt werden.

Sechs Tage nach dem Schnitte dürften die nervösen Elemente schon bis in ihre letzten Enden hinaus in voller Degeneration begriffen sein, und könnte man also damit die nunmehrige Wirkungslosigkeit des Pilocarpin erklären wollen. Aber wer kann uns

1) Von den zahlreichen in mehrfacher Richtung angestellten Versuchen theile ich im folgenden nur je einen als Muster mit; wären in andern Fällen kleine Abweichungen vorhanden, so werden diese stets besonders mitgetheilt.

2) Das Thier ist während des ganzen Versuches ungeknebelt.

weiter für einen noch normalen Bestand der Drüsenzellen selbst, zumal für eine genügende Erregbarkeit derselben bürgen? Lassen wir also für einmal die aufgeworfene Frage auf sich beruhen, sehen wir uns vielmehr nach analogen peripheren Reizwirkungen um.

In der That ganz übereinstimmende Verhältnisse kennen wir durch Heidenhain's Untersuchungen[1]) von den Speicheldrüsen, jenen Hautdrüsen der Mundhöhle, die nach ihrer morphologisch gleichen Abstammung aus dem Hautblatte, nicht minder durch ihre so durchschlagende Congruenz der nervösen Beziehungen gewissermassen nur riesig entwickelte Schweissdrüsen vorstellen.

Auch nach Durchschneidung der chorda tympani wirken Calabar, Nicotin etc. unter bestimmten Bedingungen erregend auf die gld. submaxillaris. Deshalb unterliess ich nicht, einige weitere Versuche auch mit diesen Giften an den Schweissdrüsen anzustellen.

Von Nicotin hatte ich schon in der früheren Mittheilung berichtet, dass es in allerdings seltenen Fällen auch nach Durchschneidung des Hüftnerven noch geringe Spuren von Schweiss hervorrufe; auch bei meinen jetzigen Versuchen konnte ich nicht einmal durch subcutane Injection unter die Pfote selbst mehr erzielen.

Wirksamer zeigte sich Calabàr. Allerdings versagte auch dieses meist auf der operirten Seite bei beliebiger Injection; dagegen fand ich doch regelmässig geringe Secretion; wenn ich c. 0,5 Ccm. einer Lösung von 2% Physostigmin direct unter die Pfote selbst injicirte.

Schon nach dieser Uebereinstimmung in ihrem Verhalten zu den Drüsen, nicht minder durch ihre ähnliche Reaction auf andere Organe — Darm, Herz, Iris — gehören Nicotin, Calabar, Muscarin[2]) mit Pilocarpin zusammen in eine einheitliche Gruppe reizender Substanzen. Während aber bei Nicotin und Calabar sich stets sehr bedeutende Unterschiede der Secretion zwischen der intacten und operirten Seite zeigen, zu einer mässigen, ja häufig fehlenden peripheren Reizung stets auch noch eine bedeutende centrale Erregung hinzutritt, bleibt bei Pilocarpin ein solcher Unterschied der

---

1) R. Heidenhain, über die Wirkung einiger Gifte auf die Nerven der glandula submaxillaris. Pflüger's Archiv Bd. V, 309.

2) Mit Muscarin ist es mir bisher noch nicht möglich gewesen, eigne Versuche anzustellen.

Secretionsgrösse beider Pfoten in der Regel aus, ja zeigt sich sogar bisweilen ein solcher zu Gunsten der entnervten Seite. Sollten wir deshalb hier einen Mangel centraler Reizung annehmen? Auch abgesehen von den angezogenen Analogien erscheint mir solches im höchsten Grade unwahrscheinlich; hat doch eine Centralisation irgend einer Function nur Sinn, sobald die Centren selbst eine höhere Erregbarkeit besitzen als die peripheren Apparate.

Die thatsächliche Entscheidung der Angelegenheit muss sich leicht herbeiführen lassen; wir haben die Schweisscentren des Rückenmarks vor dem Einflusse der Psyche zu schützen, die Drüse selbst vor dem vergifteten Blute zu sichern.

Versuch III.

Eine junge Katze wird chloroformirt, tracheotomirt; nach Einleiten künstlicher Respiration der Thorax im dritten Intercostalraum der Quere nach eröffnet, darauf die vier Halsarterien bei ihrem Abgang vom Aortenbogen [1]) ligirt, eventuell noch das Halsmark in der Höhe des Atlas durchschnitten, die Wunden vernäht [2]). Nach diesen einleitenden Operationen, die ja nothwendig ergiebige Schweisssecretion im Gefolge hatten, werden die Pfoten sorgfältig getrocknet und sowie die Secretion gänzlich sistirt, was in der Regel sehr bald der Fall ist, wird die Bauchaorta ligirt, darauf in die v. jugularis 1—2 Ccm. einer Lösung von 1 % Pilocarpin eingespritzt.

Schon nach kurzer Zeit treten nun wieder Schweisströpfchen auf den blutleeren Hinterpfoten auf, nicht selten kann man ausserdem leise Zuckungen am Schwanz und an den Hinterbeinen bemerken. Mit der Lüftung der Schleife nimmt natürlicher Weise die Secretion aufs erheblichste zu.

Die Erregung des Marks durch Pilocarpin, die sich schon in diesem Versuche aufs deutlichste documentirte, kann man sofort in ausgiebigstem Maasse hervorrufen durch Injection grösserer Giftmengen. Es treten dann

1) Meist, nicht immer, sind die beiden Carotiden zusammen mit der rechten subclavia bei ihrem Abgang zu einem truncus anonymus variabler Länge vereinigt.

2) Obschon in sehr vielen meiner Fälle die einfache Unterbindung der Halsarterien genügte, um das Vorderthier gänzlich abzutödten, indem weder Kopfreflexe noch Athembewegungen mehr ausgelöst wurden, dauerten dagegen in mehreren Versuchen spontane Respirationen allerdings in sehr herabgesetzter Frequenz doch längere Zeit noch fort. In diesen Fällen liess ich, um ganz sicher zu gehen, eine Rückenmarkdurchschneidung folgen. Vor einer directen Halsmarkdurchschneidung dürfte ein solches combinirtes Verfahren vielleicht einigen Vortheil gewähren. Wir schneiden jetzt in einem Organ, dessen Erregbarkeit schon sehr gesunken ist und wir operiren in beinahe blutleerer Gegend. Beides dürfte die Gefahren der allerdings noch immer nicht erklärten Chocwirkung des Schnittes beträchtlich verringern (vgl. übrigens einen demnächst folgenden Aufsatz).

sogar mächtige Convulsionen des Hinterthieres auf. Da auch während derselben noch völlig kräftiger Herzschlag besteht, die künstliche Respiration natürlich unausgesetzt in vollem Gange ist, können diese Reizerscheinungen etwa dyspnoischer Natur sein.

Damit rührt also in unserm Versuch I ein Theil der Secretion auf der gesunden Seite sicher von centraler Erregung her, kann aber dieses Plus gegenüber der entnervten Seite compensirt oder sogar übercompensirt werden durch den erheblich vermehrten Blutstrom, welcher unmittelbar nach der Hüftnervdurchschneidung in der Pfote kreist.

Nach Beendigung dieser Versuche erfuhr ich in einer Unterredung über deren Resultate durch Herrn Prof. Cloetta von einer Versuchsreihe, die derselbe selbst schon im verflossenen Winter an Pferden und Rindern angestellt hatte. Aus den mir in liberalster Weise überlassenen Protokollen sei ein Fall in Kürze mitgetheilt.

Versuch IV.

Einem Pferd wird 0,40 Grm. Pilocarpin unter die Rückenhaut injicirt. Schon nach 3 Min. beobachtet man beginnenden Speichelfluss; derselbe hält während mehrerer Stunden in ausgiebiger Weise an.

Dann — 5 Min. nach dem Einstich — tritt local an der Einstichstelle Schweiss auf, wird derselbe immer intensiver und breitet sich immer weiter aus. Aber erst 24 Min. nach der Injection erscheint deutlicher allgemeiner Schweiss.

Die weitgehende Uebereinstimmung dieser Beobachtungen und meiner Versuche ist zu klar. Auch ohne besondere Eingriffe ist es hier, bei so kolossal voluminösen Thieren möglich, allein schon aus dem zeitlichen Auftreten der einer localen Injection folgenden Secretionen Schlüsse auf die Reizorte zu ziehen. Die so überaus schnell beginnende Speichelsecretion dürfte wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit aus centraler Erregung abzuleiten sein. Die Besonderheit der Einstichstelle, die sich durch eine viel früher beginnende und reichlichere Secretion vor der übrigen Haut auszeichnet, beweist ganz evident auch die periphere Reizwirkung des Giftes.

Schon aus unserer frühern Untersuchung haben wir in dem Atropin ein Mittel kennen gelernt, das auf die Schweissdrüsen gerade eine gegentheilige, lähmende Wirkung ausübt. Es musste sich als verlockende Aufgabe ergeben, den Kampf dieser beiden widerstreitenden Mittel zu studiren.

Als erste Aufgabe bestimmte ich vorerst genauer jene Dosis

Atropin, die eben genügte, um selbst bei starker Reizung des Hüftnerven die Secretion gänzlich zu unterdrücken. Solche Wirkung besitzt eine subcutane Injection von 0,003 Grm. Atropin. sulphuric. schon ungefähr 10 Min. nach dem Einstich. Gleichzeitig findet man stets fast maximal erweiterte Pupillen.

Versuch V.

Einer mittelgrossen Katze werden in Chloroformnarkose beide Hüftnerven durchschnitten, mit Ludwig's Electroden armirt, und mit mässigen tetanisirenden Strömen gereizt; nur wenn beiderseits recht deutliche Secretion eintritt, darf der eigentliche Versuch beginnen.

Man injicire 0,01 Grm. Pilocarpin unter die Rückenhaut. Nach einigen Minuten tritt das schon oben ausführlich geschilderte Vergiftungsbild auf, vor Allem ist — was uns jetzt vornehmlich interessirt — auf beiden Hinterpfoten Schweiss ausgebrochen.

Nun injicire man weiter 0,003 Grm. Atropin ebenfalls unter die Rückenhaut. Bald nehmen Schweiss- und Speichelsecretion erheblich ab und sind beide nach ungefähr 10 Min. gänzlich verschwunden, ja es ist jetzt sogar eine Reizung der Hüftnerven mit stärksten tetanisirenden Strömen [1]) gänzlich unwirksam und zeigt sich ebenso wenig irgend eine Spur von Schweiss bei directer Reizung der Drüsen [2]), d. h. wenn Nadelelectroden durch die Pfotenhaut eingestossen werden.

Werden jetzt aber in die eine Hinterpfote, direct unter den Sohlenballen wiederum 0,01 Grm. Pilocarpin in wenig Wasser gelöst injicirt, so treten nun schon nach Kurzem auf diesem Ballen wieder deutliche Schweisstropfen auf, unter Umständen sogar in sehr erheblichem Maasse. Würde weniger als die angegebene Menge injicirt, so kann zwar dieser spontane Schweissausbruch wegfallen, ist es dann aber sehr wohl schon wieder möglich Secretion durch eine vorher unwirksam gewesene Nervenreizung zu erregen.

Während nun so die local stark mit Pilocarpin überfluthete Drüse trotz vorausgegangener Atropinvergiftung wieder schwitzt, ist auf der andern Pfote, ja auch auf den Fingerspitzen der gleichen Seite die Atropinwirkung noch in vollem Maasse da; denn es ist hier auch jetzt durch die stärksten Reize keine Spur von Secretion zu erzwingen, und ändert sich an diesem Verhalten nichts, auch wenn man noch, um alle Skepsis zu befriedigen, der Atropinpfote eine kleine Quantität 0,5—1,0 Ccm. blosser Flüssigkeit (ClNalösung von 0,7 %) ebenso unter die Sohle injicirt.

Träufelte man in einen Conjunctivalsack nach eingetretener allgemeiner Atropinvergiftung einige Tropfen Pilocarpinlösung, so verengte sich nach einigen Minuten diese Pupille und blieb in den beobachteten Fällen mehr denn eine

1) Im primären Kreise eines du Bois'schen Schlittenapparats befand sich ein Daniell'sches Element. Die Rollen waren aufgeschoben.

2) Die hier sich ohne weiteres aufdrängende Frage über die eigne Irritabilität der Drüsen muss einstweilen weitern, bereits in Angriff genommenen Versuchen überlassen bleiben.

Stunde sehr merklich verengt, um erst hernach wieder die maximale Weite der andern Seite anzunehmen.

Es kann also allerdings eine gewisse Menge Atropin die Reizwirkung einer gewissen Quantität Pilocarpin gänzlich aufheben, es wird aber auch andererseits diese sog. lähmende Wirkung des Atropin durch noch grössere Mengen des reizenden Mittels wieder überwunden.

Der im Allgemeinen wohl einmal mögliche, in der That in ähnlichen Fällen auch schon vorgebrachte Einwand, die Erregbarkeit eines Organs wäre spontan, auch ohne Pilocarpininjection zurückgekehrt, dieselbe sei allein einer grossen Flüchtigkeit der Atropinvergiftung zu verdanken, ist in unsern Versuchen gebührend berücksichtigt.

Es müsste sich eben dieselbe Vergänglichkeit der Atropinwirkung auch auf der andern, bloss atropinisirten Pfote zeigen, dieselbe ist aber durch viele Stunden hindurch trotz stärkster Nervenreizung nicht zur Secretion zu bringen.

Aber diese sicher gegenseitig im entgegengesetzten Sinne wirkenden Gifte haben auch identischen Angriffspunkt.

Ein Skeptiker, der dies läugnen wollte, müsste annehmen, Atropin lähme etwa nur die allerdings noch hypothetischen Nervenendigungen, und müsste dann Pilocarpin die Drüsenzellen selbst reizen. Wie wollte sich derselbe dann aber den andern Theil des Versuches V, — die Hemmung einer primären Pilocarpinwirkung durch Atropin — erklären?

Damit dürfen wir aber als vornehmstes Resultat unserer Versuche, soviel ich sehe ohne irgend einen weitern Einwand, aussprechen: **Es existirt ein wahrer, doppelseitiger Antagonismus zwischen Pilocarpin und Atropin, deren Wirkung wie „Wellenberg und Wellenthal", wie Plus und Minus sich algebraisch addiren. Damit hängt der schliessliche Erfolg einzig und allein ab von dem Verhältniss der Anzahl der anwesenden Giftmolekule.** Ihre letzte Erklärung scheinen solche Erscheinungen ungezwungen zu finden in dem zuerst im Jahre 1799 von dem genialen **Berthollet**[1]) aufgestellten Gesetze der chemischen Massenwirkung.

Aehnliche Versuche stellte ich jetzt mit Calabar und Atropin

1) Vgl. Recherches sur les lois de l'affinité, par le citoyen Berthollet. Paris, an IX.

an den Schweissdrüsen an. Hier war aber selbst eine locale Injection von 0,02 Grm. Physostigmin nicht mehr im Stande eine vorher durch Atropin (0,003 Grm. subcutan) sistirte Secretion wieder anzuregen. Da jedoch die locale Reizwirkung des Calabar um vieles jener mächtigen Wirkung des Pilocarpin nachsteht, so ist dieses Resultat leicht begreiflich.

Sehen wir uns in der Literatur nach gleichen Vorgängen um, so finden wir unter der grossen Anzahl sog. antagonistischer Mittel allerdings nur wenige Fälle, die eine volle Uebereinstimmung zeigen.

Arnstein und Sustschinsky[1]) berichten, dass die durch Atropin vernichtete Erregbarkeit der Hemmungsnerven des Herzens durch Calabar wieder restituirbar sei.

Schmiedeberg[2]) fand einen ähnlichen doppelseitigen Antagonismus zwischen Atropin und Muscarin am Froschherzen.

Heidenhain[3]) fand endlich ein meinen Ergebnissen vollkommen entsprechendes Verhalten zwischen Atropin und Calabar an den Speicheldrüsen.

Doch all dieser Versuche Beweiskraft wurde aufs energischste von Rossbach[4]) in einer Reihe von Arbeiten bestritten. Nachdem derselbe mit anerkennenswerthestem Fleisse eine enorm angeschwollene Literatur geordnet, eine Menge einschlagender Versuche geprüft, verwarf er nicht nur eine Unzahl schlechtbegründeter, allerdings aus den ältesten Zeiten stammender antagonistischer Lehren, es schienen ihm nun auch diese von sorgfältigen Forschern mitgetheilten Fälle nicht mehr überzeugend. Denn so selbstverständlich es sei, dass eine durch ein reizendes Gift her-

---

1) Untersuchungen a. d. physiol. Laboratorium in Würzburg 1869. pag. 104 u. flgd.

2) nach Böhm, Herzgifte pg. 12.

3) Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. V, 309; Bd. IX, 335.

4) Rossbach u. Fröhlich, über die physiol. Wirkungen des Atropin u. Physostigmin auf Pupille u. Herz, Würzburger Verhdlg. Bd. V. (a)

Rossbach, Experimentelle u. kritische weitere Beiträge zur Erkenntniss der Grundwirkung der Alkaloide, ebenda Bd. VI. (b)

Fröhlich, historische u. experimentelle Beiträge z. Lehre vom physiol. Antagonismus der Gifte, ebenda Bd. VI. (c)

Rossbach, d. Antagonismus in der Wirkung des Atropin u. Physostigmin auf die Speichelsecretion u. die Gesetze des physiol. Antagonismus, ebenda Bd. VII. (d)

Rossbach, weitere Untersuchungen über die physiol. Wirkungen des Atropin und Physostigmin. Diess Archiv Bd. X. pag. 438. (e)

vorgerufene Erregung eines Organes leicht durch ein anderes lähmendes Gift zu hemmen sei, so einleuchtend damit ein sog. einseitiger Antagonismus sein müsse, ebenso „widersinnig erschien der Glauben an einen physiologischen doppelseitigen Antagonismus“.[1]) „Das einen eng begrenzten Organtheil erregende Gift dagegen hebt unter keinen Umständen die vorhergegangene Wirkung eines lähmenden Giftes auf. Es fehlt auch jeder exacte Beweis, dass durch die erregende Gabe eines Giftes ein durch ein anderes Gift gelähmter Organtheil in kürzerer Zeit zu seiner normalen Thätigkeit zurückkehrt, als ohne dieses erregende Gift.“ (Aufsatz d, § 3 der angehängten Thesen.)

Die thatsächlichen Angaben der Gegner konnten von Rossbach nicht bestätigt werden, dieser sah vielmehr stets nur einseitigen Antagonismus zu Gunsten des lähmenden Giftes, und schob diesen Widerspruch vorwiegend auf Täuschungen, denen jene Forscher wegen der so grossen Vergänglichkeit der Atropinwirkung zum Opfer gefallen seien. (Vgl. Aufsätze a, d.)

Obschon später Heidenhain seine Versuche an den Speicheldrüsen in noch weit durchsichtigerer und durchaus beweisender Form mit denselben Resultaten durchgeführt hatte, ist es nach vorläufiger Mittheilung (Aufsatz e, pag. 438) Rossbach auch jetzt noch nicht gelungen, andere als negative Resultate wahrzunehmen.

Bei Wiederholung von Heidenhain's Versuchen könnte immerhin die complicirte Versuchsanordnung, der grosse operative Eingriff ein Missglücken erklären; die überaus grosse Einfachheit meiner beweisenden Versuchsreihe V. lässt dagegen wohl unbedingtes Gelingen erwarten, und dürfte damit auch Rossbach leicht sich von der Existenz eines doppelseitigen Antagonismus, von der Unhaltbarkeit seiner dritten These überzeugen.

Zu nicht geringem Theil mochte wohl eine gewisse theoretische Voreingenommenheit die beharrliche Negation resp. die Befriedigung an den negativen Resultaten verschulden.

„Zunächst stand einer Annahme, die Alkaloide wirkten im lebenden Organismus in chemischer Weise, die Erscheinung des sog. Antagonismus hindernd im Wege, ... es könnte von einem Chemismus kaum mehr die Rede sein, oder man müsste wenigstens viel zu verwickelte chemische Processe zur Erklärung solchen antagonistischen Vorganges aufstellen.“[2])

1) vgl. Rossbach, Aufsatz d.

2) Rossbach, Aufsatz b, pag. 163.

Ganz der Ansicht von Rossbach, die elementare Angriffsweise der Alkaloide müsse wohl eine chemische sein, finde ich nun keineswegs darin absonderliche Schwierigkeiten für eine Erklärung doppelseitiger Antagonismen.

Nehmen auch wir an, das materielle Substrat gewisser Vergiftungen bestehe in einer chemischen Verbindung des betreffenden Giftes mit dem lebendigen Eiweiss der Zelle. Es werde dann weiter die innere Beweglichkeit der Protoplasmamolekule P durch eine Vergiftung mit bestimmten Giften — den lähmenden L — herabgesetzt, durch eine Verbindung mit andern — den reizenden R bis zur Selbstzersetzung gesteigert.

Auf jeden Fall wird immer dann eine solche Verbindung nur sehr lockerer Natur sein, wenn überhaupt wieder eine Entgiftung erfolgen kann. Es wird sich dann eben fortwährend diese Gift-Protoplasmaverbindung dissociiren, und werden stets eine Anzahl freigewordener Giftmolekule hinaus in die Blutbahn diffundiren. Ist das Blut selbst wieder giftfrei, so geht damit die Entgiftung ihren raschen Gang; so lange dagegen noch Molekule gleicher Giftart im Blute kreisen, können diese die Entgiftung gänzlich hintanhalten, sobald in der Zeiteinheit gleichviel oder mehr solcher Molekule die Capillarwand nach der Zelle zu passiren, als umgekehrt von der Zelle nach dem Blute abströmten. Auch in der Blüthe der Vergiftung hätten wir es vielmehr mit einem dynamisch-chemischen Processe, nicht mit statischen Zuständen zu thun.

Gehen wir nun über zu dem Fall zweier, einander widerstreitender Gifte. Wir hätten ein lähmendes Gift L, ein reizendes Gift R, deren Affinitäten zum Eiweiss der Zelle P seien nur wenig von einander unterschieden[1]), doch so, dass LP > RP.

Wenn nun eine genügende Zahl L-Molekule in ein von R vergiftetes Organ eintreten, so ist allerdings wohl ohne weiteres klar, dass die R-Molekule ausgetrieben werden, die frühere Reizung einer Lähmung Platz machen muss.

Aber umgekehrt kann eine Verbindung LP auch trotz der etwas stärkeren Affinitäten wieder gelöst und RP zurückgebildet werden, wenn nun nur local die Anzahl der R-Molekule stark vermehrt wird. Denn immerfort wird auch die LP-Verbindung

1) Es seien ja beides, LP und RP lockere, leicht dissociirbare Verbindungen.

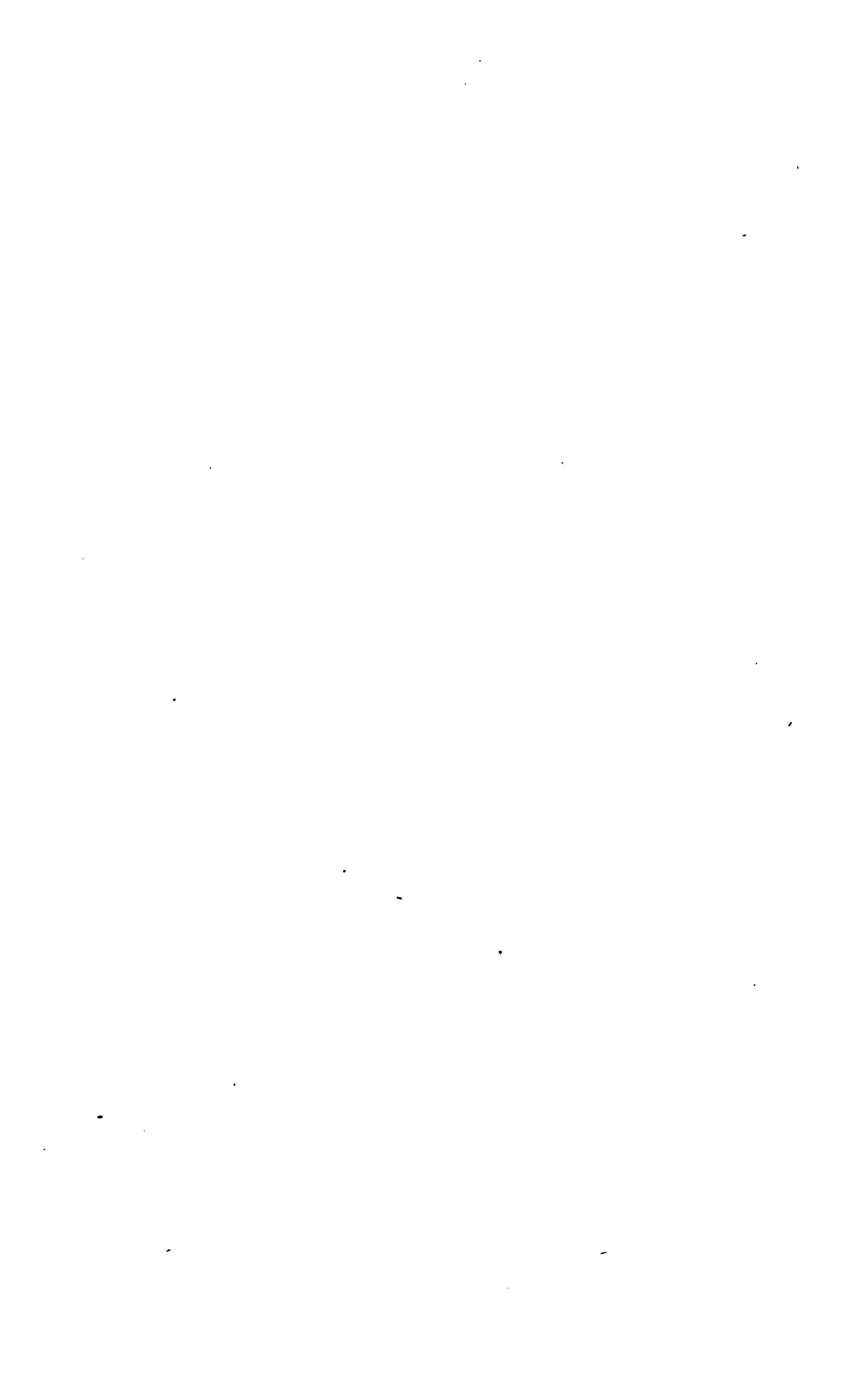
sich dissociiren, wird aber, so lange eine gewisse Anzahl L-Molekule allein im Blute kreisen, auch leicht wieder restituirt. Bekommen nun jedoch plötzlich die R-Molekule local eine starke Ueberzahl, so werden sie gegenüber einer beträchtlich geringern Zahl L-Molekule eine viel grössere Wahrscheinlichkeit für sich haben, eben entgiftete Eiweissmolekule zu besetzen; durch Integration eines solchen Processes wird endlich die gesammte Menge lähmenden Giftes ausgetrieben werden, an Stelle der Lähmung also wieder eine Reizwirkung treten. Nach dem berühmten Berthollet'schen Gesetz der chemischen Massenwirkung wird eben die etwas geringere Affinität eines Stoffes durch die grössere Zahl seiner Molekule mehr als aufgewogen.

Diese Betrachtung erhält in einem schon deutlich erkannten Falle ihre thatsächliche Grundlage.

Sauerstoffhämoglobin (O_2Hm) wird durch einen Strom CO zerlegt, es wird COHm. gebildet; Kohlenoxydhämoglobin wird aber auch durch einen Strom O_2 zerlegt, CO ausgetrieben und O_2Hm. gebildet, obschon Kohlenoxyd zu Hämoglobin stärkere Verwandtschaft besitzt als der Sauerstoff.

Es sind eben beides sehr lockere Verbindungen, die schon bei gewöhnlicher Temperatur sich dissociiren und also schon durch einen Strom irgend eines indifferenten Gases zerlegt werden können. Aber es ist für unsere Frage von höchstem Interesse, dass es zur Zersetzung des Kohlenoxydhämoglobin enorm viel längere Zeit braucht, wenn irgend ein indifferentes Gas, als wenn Sauerstoff durchgeleitet wird. Denn die O_2-Molekule, an Zahl den in der Zeiteinheit frei werdenden CO-Molekulen weit überlegen, werden erfolgreich einer sonst wohl möglichen partiellen COHm.-Restitution entgegenarbeiten.

Den noch völlig hypothetischen Charakter dieser Deductionen misskenne ich keineswegs. Diese Zeilen haben ihren Zweck erreicht, wenn es ihnen gelungen, einseitigen theoretischen Vorurtheilen gegenüber, einer ganzen Klasse höchst merkwürdiger Naturerscheinungen wiederum Beachtung zu verschaffen.



ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

EILFTES HEFT.

MIT 2 TAFELN UND 2 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN
(FR. COHEN).



Ausgegeben den 23. October 1877.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter

erhalten pro Druckbogen 30 M. Honorar

und 40 Separatabdrücke gratis.

Flimmeruhr und Flimmermühle. Zwei Apparate zum Registriren der Flimmerbewegung.

Von

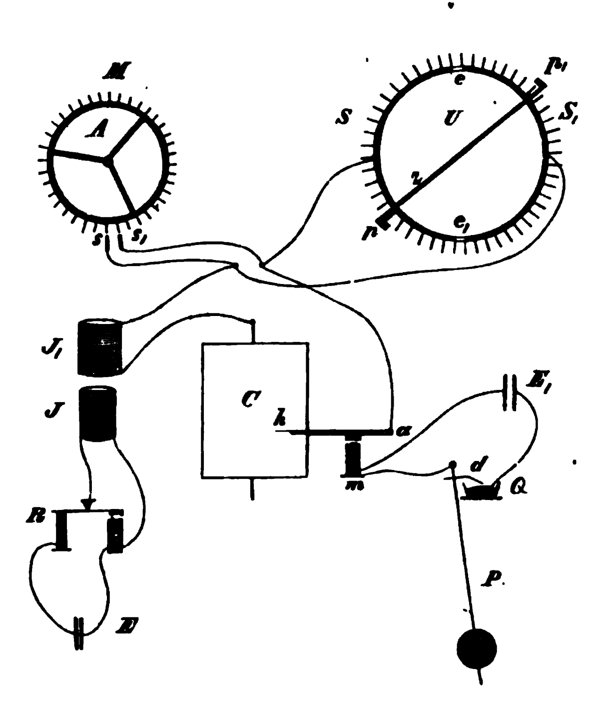
Th. W. Engelmann in Utrecht.

Hierzu Taf. V und VI.

Das Princip der beiden im Folgenden zu beschreibenden Apparate besteht darin, dass durch die vereinigte Wirkung vieler auf einer Schleimhaut thätigen Flimmerhaare eine Axe in Umdrehung versetzt wird, welche mittelst eines daran befestigten Zeigers (Flimmeruhr) oder Rades (Flimmermühle) bei ihrer Umdrehung in regelmässigen Winkelabständen Gelegenheit giebt zum Ueberspringen elektrischer Funken von einer Metallspitze auf einen mit berusstem Papier bedeckten rotirenden Cylinder. Aus den Abständen der von den Funken gesetzten Marken und der bekannten Rotationsgeschwindigkeit des Cylinders ergiebt sich die Winkelgeschwindigkeit der Axe, welche im Allgemeinen als Maass für die Energie der Flimmerbewegung betrachtet werden darf [1]).

Zur Verdeutlichung der Methode diene beifolgende schematische Abbildung.

1) Eine Beschreibung der Flimmermühle (in etwas abweichender, früherer Form) sowie einer Reihe damit angestellter Versuche hat unlängst Dr. H. J. Büchner gegeben in seiner Dissertation „Eene methode tot het registreeren der trilhaarbeweging" Utrecht 1877.



Im primären Kreise eines Induktionsapparates, der von der Batterie E versorgt wird, spielt beständig und schnell in bekannter Weise der Selbstunterbrecher R. Die Pole der secundären Spirale J_1 stehen, der eine direkt, der andere durch Vermittelung des Cylinders C und der auf diesem schreibenden Metallspitze h mit nach Belieben entweder der Flimmeruhr U oder der Flimmermühle M in Verbindung.

Bei Anwendung der Flimmeruhr sind die von J_1 kommenden Leitungen verbunden mit den beiden bei e und e_1 durch Ebonit von einander isolirten Hälften S und S_1 eines feststehenden gezähnten Messingringes. Ueber diesem spielt wie der Zeiger einer Uhr die von den Flimmerhaaren in Umdrehung versetzte Metallnadel z an deren Enden die dünnen Platinableche p und p_1 angelöthet sind. Jedesmal wenn p und p_1 an zwei correspondirenden Zähnen von S und S_1 in Schlagweite passiren, springen zwischen Zähnen und Blechen und gleichzeitig zwischen der Spitze h und dem Cylinder C Funken über. Letztere hinterlassen auf dem berussten Papier kleine weisse Flecke.

Bei Benutzung der Flimmermühle endigen die von J_1 kommenden Leitungen in den beiden verstellbaren Platinablechen s und s_1 deren gegenseitiger Abstand grösser ist als die Funkenschlagweite der in J_1 erzeugten Ströme und genau ebenso gross als der Abstand der Zähne des Aluminiumrades A, welches an der durch die Flimmerhaare in Umdrehung versetzten Axe be-

festigt ist. Die beiden Bleche s und s_1 werden dem Rade A soweit genähert, dass jedesmal, wenn ihnen zwei Zähne von A genau gegenüber zu stehen kommen, Funken überspringen. Diese markiren sich in der eben erwähnten Weise auf dem Cylinder C.

Der wesentliche Vortheil der Methode besteht also in beiden Fällen darin, dass die Flimmerzellen zum Zweck des Registrirens der Geschwindigkeit ihrer Bewegung keine besondere Arbeit zu verrichten brauchen [1]).

Mittelst der Spitze h wird ausser den Funken auch die Zeit registrirt. An dem die Spitze tragenden um a drehbaren Hebel ist nämlich ein eiserner Anker befestigt, der durch den Elektromagneten m jede zwei Sekunden einmal angezogen und wieder losgelassen wird. Wie Letzteres geschieht, erhellt aus der Figur: E_1 ist eine constante Zelle, Q ein Quecksilbernäpfchen, in welches die Platinaspitze d des Uhrpendels P eintauchen kann.

Die nähere Einrichtung von Flimmeruhr und Flimmermühle erhellt aus den beiden Abbildungen auf Tafel V. Da beide Instrumente sehr viele Theile gemeinschaftlich haben, ist die Einrichtung so getroffen, dass ein und derselbe Apparat nach Belieben

---

1) Die ursprüngliche Absicht war, ein Zahnrad durch die Flimmerhaare in Bewegung versetzen zu lassen, dessen Zähne durch Quecksilbercontakt einen galvanischen Strom schliessen und öffnen sollten. Schliessung und Unterbrechung konnten dann in gewöhnlicher Weise elektromagnetisch registrirt werden. Zu dem Ende ward ein mit 32 spitzen Zähnen versehenes kupfernes Rad von 10 ctm. Durchmesser und etwa 3 grms. Gewicht an der Axe befestigt, welche durch die Flimmerzellen in Umdrehung versetzt werden sollte. Mitten unter dem Rad waren zwei Quecksilbernäpfchen so angebracht, dass sie stets gleichzeitig mit zwei aufeinander folgenden Zähnen des Rades in Berührung kommen mussten. Vom einen Näpfchen führte ein Draht zum einen Pol, vom andern durch den registrirenden Elektromagnet zum andern Pol eines galvanischen Elementes. Obschon sich nun die Flimmerzellen sehr wohl im Stande zeigten das Rad in selbst schnelle Umdrehung (bis 12° in 1 Sec.) zu versetzen, erlitten doch die Zähne beim Passiren der Quecksilberoberflächen einen im Allgemeinen zu grossen und dabei sehr veränderlichen Widerstand. Amalgamiren der Zähne half wenig. Viel wirksamer erwies es sich, das Quecksilber beständig in zitternder Bewegung zu erhalten, wozu es genügte einen Metronom oder einen schwingenden Tetanomotor neben den Apparat auf den Tisch zu setzen. Aber auch so war der Fehler nicht bis auf eine unschädliche Grösse reducirt. Ich beschloss desshalb, Contakt gänzlich zu vermeiden und von überspringenden Funken an Stelle des constanten Stromes zum Registriren Gebrauch zu machen.

sofort entweder zur Flimmeruhr oder zur Flimmermühle eingerichtet werden kann.

Fig. 1 zeigt den Apparat, wenn er als Flimmeruhr fungiren soll, von hinten und etwas von oben gesehen in etwa $^1/_5$ der natürlichen Grösse.

Die Rachenschleimhaut des Frosches, welche die Axe a in Rotation versetzen soll, ist zwischen zwei Korkstreifen locker ausgespannt, die mittelst Lack auf der Ebonitplatte c befestigt sind. Letztere wird durch die Federklemme k auf der Ebonitplatte d festgehalten, die (rechts in der Figur) federnd auf der Oberfläche des hölzernen Trägers A sitzt und mittelst der Schraube b gehoben und gesenkt werden kann.

Um den Träger A läuft oben die Ebonitleiste f. Sie dient zur Fixirung der in Fig. 1 nicht, in Fig. 2 theilweise sichtbaren feuchten Kammer (B), die beim Gebrauch auf A aufgesetzt wird. Diese Kammer ist ein unten offenes, oben durch eine Spiegelglasplatte verschliessbares Kupferkästchen mit doppelten Wandungen. Der zwischen letzteren bleibende Raum mündet an einer der kurzen Seitenwände unten, an der gegenüber liegenden oben in eine Metallkanüle (k und k_1 Fig. 2). Die untere (k_1) ist mit einem Hahn versehen und dient bei Versuchen über den Einfluss der Temperatur zum Einführen von heissem oder kaltem Wasser mittelst des Kautschukschlauches g_1. Aus der oberen (k) fliesst das Wasser durch den Schlauch g wieder ab.

In der Mitte der abhebbaren Glasplatte, welche den Deckel der feuchten Kammer bildet, steckt in einer Hülse der Thermometer (T Fig. 2), dessen Cüvette beim Versuch in unmittelbare Nähe der Membran und Axe zu liegen kommt. Er kann übrigens nach Belieben entfernt werden.

Auf dem Boden der feuchten Kammer, also der oberen Fläche von A (Fig. 1) mündet jederseits ein Zuleitungsrohr für Gase, das an der entsprechenden äusseren Seite von A in der zum Aufschieben von Gummiröhren bestimmten Kanüle i zu Tage tritt. — Weiter führt jederseits ein Glasröhrchen von der hinteren (in Fig. 1 vorderen) breiten Fläche von A bis auf den Boden der Kammer (oo_1). Durch diese werden, im Fall elektrisch gereizt werden soll, die Elektrodendrähte nn aus der Kammer herausgeführt, wie Fig. 1 zeigt.

Der Träger A ist auf dem Holzblock C horizontal verstellbar aufgeschraubt, dieser wiederum auf dem mit drei Stellschrauben

versehenen Brettchen D fixirt, welches mittelst der mit den zwei vorderen Stellschrauben x artikulirenden Messingstücke m durch die eisernen „Schutzklemmen“ K am Versuchstisch befestigt ist [1]). Letztere tragen je eine durch Ebonit isolirte Klemme zum Anschrauben der vom Apparat kommenden und zur sekundären Spirale führenden Drähte.

An den Block C ist der aus den beiden bei e und e_1 (Fig. 2) durch Ebonit von einander isolirten Hälften S und S_1 bestehende Messingring angeschraubt, über welchem der in den Platinablechen p und p_1 endigende Zeiger z der Flimmeruhr (Fig. 2) spielt. Der Ring trägt in genau gleichen Abständen von 6° 60 keilförmige Zähne. Der Zeiger besteht aus einer 20 ctm. langen Stahlnadel von 1 grm. Gewicht, und ist mittelst eines Ebonitstückes an der dünnen stählernen Axe befestigt, welche im mittleren Theil ihrer Länge genau centrisch die 25 mm. lange, 3 mm. dicke cylindrische Ebonitwalze a durchbohrt. Zeiger, Axe und Walze wiegen zusammen 2,2 grm.

Soll der Apparat als Flimmermühle (Fig. 2) gebraucht werden, so hebt man die den Zeiger z tragende Axe heraus und legt an Stelle derselben eine andere übrigens gleiche, aber mit dem Aluminiumrad Al verbundene in die Axenlager. Das Rad Al hat 105 mm. Durchmesser, 0,6 mm. Dicke und 5,1 grm. Gewicht. Es trägt 36 Zähne, deren Spitzen also 10° (etwa 9 mm.) von einander abstehen. Rad, Axe und Walze wiegen zusammen 6,3 grm.

Unter das Rad wird der die Platinableche s und s_1 tragende Ebonitschieber qq_1 gebracht und mittelst der auf der Vorderfläche von A sitzenden Klemmen v und v_1 in der erforderlichen Lage fixirt. Wie s und s_1 durch Schrauben seitlich verstellbar, durch die Drähte r und r_1 mit den Schutzklemmen K verbunden sind u. s. w. ist aus Fig. 2 ohne Beschreibung verständlich. — Selbstverständlich muss bei späterer Benutzung des Instruments als Flimmeruhr der Schieber qq_1 vorher wieder entfernt sein.

Ist der Apparat zusammengesetzt, so überzeugt man sich zunächst ob die Funken die richtige Schlagweite besitzen und deut-

1) Solcher Schutzklemmen, die zur Behütung der Apparate gegen etwaige Zerrungen an den Leitungen bestimmt sind und dem entsprechend kurz vor dem zu schützenden Apparate in die Leitung eingeschaltet werden, sind im hiesigen Laboratorium eine grosse Zahl von verschiedener Grösse beständig im Gebrauch. Sie mögen den Fachgenossen empfohlen sein.

lich auf dem Cylinder markirt werden. Dies war in meinen Versuchen stets der Fall, wenn ich einen kleinen Ruhmkorff'schen Induktor mit einem mittelgrossen Grove'schen Element oder einen kleinen Schlittenapparat bei aufgeschobenen Rollen mit zwei grösseren Grove'schen Zellen hintereinander anwandte. Die Schlagweite betrug dann bei mässig schnellem Gang des Interruptors 1 bis 2 mm.

Man schreitet nun zur Präparation der Versuchs-Membran. Als solche diente nur die Schleimhaut des Gaumens und der Speiseröhre von Rana esculenta und temporaria. Sie wird mittelst 4 Nadeln oder mittelst der Elektroden (s. unten) auf den Korkstreifen der Platte c locker ausgespannt und wenn nöthig, mittelst eines in Serum oder physiologischer Kochsalzlösung getauchten Pinsels in der Richtung nach der Cardia hin von Blut oder Schleim befreit. Ist dies geschehen und sieht man deutliche Strömung auf der Oberfläche der Membran, dann fixirt man die Platte c mittelst k auf d und legt die Walze mit Zeiger resp. Rad in die Axenlager. Die Walze darf zunächst die Membran nicht berühren. Letztere wird erst ganz allmählich mittelst der Schraube b gehoben, bis sie sich an die Walze anlegt, wo dann Zeiger resp. Rad sich sofort zu bewegen beginnen. Niemals darf die Membran stark gegen die Walze angedrückt werden.

Oft ist es vortheilhaft die Schleimhaut nur mit zwei Nadeln am Cardiaende auf einem der Korkstreifen zu befestigen und den freien, vorderen Zipfel um die Walze herum auf den Cariatheil herüber zu schlagen; hier wird derselbe dann, wenn er breit genug ist, durch die Adhäsion und die Thätigkeit der dort sitzenden Flimmerzellen, die ihn nach dem Cardiaende weiter zu schieben suchen, festgehalten. Man begreift, dass bei dieser Anordnung die Membran gleichsam mit doppelter Kraft wirken muss, wie denn auch wirklich die Rotationsgeschwindigkeit dabei verdoppelt sein kann.

Anfangs ist nun in der Regel die Bewegung sehr schnell und gleichmässig, wird aber bald, meist schon nach wenig Minuten, langsamer und ungleichmässig. Die Ursache hiervon liegt in einer Anhäufung von Schleim auf und an der Walze. Namentlich an der Cardiaseite der Walze erkennt man bald Schleimbrücken, welche die Walze zu fixiren streben. Zerreisst man sie, etwa mit einem Pinsel oder durch Vorwärtsblasen des Rades resp. Zeigers,

dann ist die Bewegung sofort wieder schnell und gleichmässig; bald aber wird sie aufs Neue gehemmt. Natürlich ist unter solchen Umständen an messende Versuche kaum jemals zu denken. Ich habe mich daher viel bemüht die Schleimsekretion zu hemmen oder doch unschädlich zu machen. Aber mit höchst ungenügendem Erfolge. Wiederholtes Abspülen mit Kochsalzlösungen von 0,25 bis 1,5 % oder mit Wasser verschlimmerte gewöhnlich das Uebel oder half doch nur für wenige Minuten. Stundenlanger Aufenthalt der Membran in einem geräumigen, mit Kochsalzlösung von 0,25 %—1 % gefüllten Becherglas erwies sich zuweilen von grösserem Nutzen. Aber man thut gut, sich nicht lange mit solchen Verbesserungsversuchen aufzuhalten. Das beste Mittel bleibt, eine andere Membran zu nehmen.

Glücklicherweise nämlich zeigen sich in Bezug auf die Schleimsekretion grosse individuelle Verschiedenheiten, selbst unter sonst ganz gleichen Bedingungen. Auf einer Membran ist so gut wie keine Bewegung und auch keine Schleimabsonderung, auf einer andern starke Sekretion und wenig Bewegung, wieder auf einer andern starke Bewegung und reichliche Absonderung. Endlich kommen häufig Membranen vor, die bei sehr rapider Bewegung so gut wie keinen Schleim produciren. Dies sind natürlich die einzigen in jeder Hinsicht brauchbaren. Ich fand sie fast nur bei Fröschen, die kurz zuvor gefangen oder aus den grossen mit strömendem Flusswasser communicirenden Behältern des Laboratoriums genommen waren, kaum je bei Individuen, die schon einige Tage in kleineren Behältern in der Stube gestanden hatten.

Auch solche Membranen müssen übrigens noch mit grosser Sorgfalt behandelt werden. Nur im Nothfalle dürfen sie etwas befeuchtet werden. Am Besten ist es, nur die Walze, die vorher völlig glatt polirt sein muss, mit einem in etwa halbprocentige Kochsalzlösung getauchten Pinsel in ihrem ganzen Umfang gleichmässig zu befeuchten, ohne dass Tropfen daran hängen bleiben. Auch darf die Membran weder der Länge noch der Quere nach stark gespannt werden; sie muss ferner der Walze in einer Breite von wenigstens 5 mm. anliegen und so dass die Flimmerströmung genau senkrecht zur Axe gerichtet ist. Durch geeignete Befestigung muss endlich gesorgt werden, dass während der ganzen Versuchsdauer dieselben Stellen der Schleimhaut mit der Walze in Berührung bleiben, insbesondere nicht, was sehr leicht geschieht,

Zipfel der Membran durch die Strömung von vorne her zwischen sie und die Walze hineingeschoben werden.

Ist nun Alles in dieser Weise geregelt, die feuchte Kammer geschlossen und der Apparat sich selbst überlassen, so kann es geschehen, dass Rad resp. Zeiger mit sehr gleichförmiger, nur äusserst langsam abnehmender Geschwindigkeit stundenlang sich umdrehen. Ja nicht selten habe ich sie noch nach zwei Tagen in freilich verlangsamter aber dabei doch ziemlich gleichförmiger Rotation gefunden. Häufiger kommen auch jetzt noch kleine Unregelmässigkeiten, Stockungen, plötzliche Beschleunigungen u. dgl. der Bewegung vor, die von entstehenden und wieder zerreissenden kleinen Schleimbrückchen herrühren. Wenn man letztere mehrmals durch Vorwärtsblasen des Rades oder Zeigers zerrissen hat, hält sich mitunter die Bewegung nachher lange gut. Das sicherste Mittel sie unschädlich zu machen besteht aber darin, dass man den ganzen Apparat beständig in einer schwach zitternden Bewegung erhält, indem man z. B. einen Tetanomotor oder schnell schlagenden Metronom daneben auf den Tisch setzt, oder mit den Fingern auf den Tisch trommelt, was in der Regel nur ganz leise zu geschehen braucht. Die mittlere Umdrehungsgeschwindigkeit wird dadurch, namentlich bei Anwendung des Rades, gleichzeitig erheblich gesteigert. So mass die Geschwindigkeit beispielsweise in einem Falle während 4 aufeinanderfolgender Umdrehungen (a, b, c, d) des Rades

a) ohne	Tetanomotor	im	Mittel	1,9°	in 1 Sec.	(Max. 3,7°,	Min. 1,6°)
b) mit	„	„	„	3,2°	„ 1 „	(„ 3,4°,	„ 3,0°)
c) ohne	„	„	„	1,4°	„ 1 „	(„ 2,1°,	„ 1,1°)
d) mit	„	„	„	3,5°	„ 1 „	(„ 4,0°,	„ 3,3°)

Die Membran war frisch präparirt. — In sehr günstigen Fällen betragen die für die einzelnen Funkenabstände berechneten Abweichungen von der mittleren Geschwindigkeit in der ersten Stunde nach Herstellung des Präparates nicht mehr als ± 5 %. In keinem Falle aber gelingt es, sie auf eine unmerkliche Grösse herabzudrücken [1]). Dass dennoch die Methode zur Feststellung einer

1) Neben den von der Membran abhängigen Störungen kommen die im mechanischen Theil des Apparates begründeten nicht in Anbetracht, wenigstens nicht, wenn man für gute Beschaffenheit der Axe und Axenlager, sowie für genaue Equilibrirung und Centrirung von Rad resp. Zeiger gesorgt hat. Eine in-

Reihe der wichtigsten Beziehungen brauchbar ist, mögen die im Folgenden kurz mitzutheilenden Versuche beweisen.

Der zum Registriren benutzte Cylinder hatte einen Umfang von 500 ctm. und 150 mm. Höhe; er war mittelst einer Schraube vertikal verstellbar, so dass die Beobachtung zwischen zwei Umgängen nicht unterbrochen zu werden brauchte. Die gewöhnlich angewandte Geschwindigkeit der Schreibfläche betrug nur etwa 2 bis 8 mm. in der Sekunde. In diesem Falle bilden die während der Passage eines Zahnes überspringenden Funken auf dem Papier immer nur einen einzigen Fleck, während bei grösserer Rotationsgeschwindigkeit natürlich jedesmal eine Reihe von deutlich abgesetzten Punkten sich markirt. Der hier folgende Holzschnitt zeigt die Form, in welcher der Versuch sich normaler Weise aufschreibt. Die Figur ist die Copie einer mittelst der Flimmeruhr erhaltenen Zeichnung. Den Separatabdrücken werden Originale beigegeben.

I. Einfluss der Temperatur.

Versuch 1 (Flimmermühle), der in Fig. 1 Taf. VI graphisch dargestellt ist, zeigt den Einfluss einer bis nahe zum Eintritt der Wärmestarre fortgesetzten Erwärmung und der darauf folgenden Abkühlung. Die Curve TT giebt den Verlauf der Temperatur (1 mm. Ordinatenlänge = 1° C.) wieder. Die Ordinaten eines jeden der auf der anderen Curve markirten Punkte geben in Millimetern die Zahl Funken an, die während der jedesmal vorausgegangenen 2 Minuten übersprang. 1 mm. Ordinatenlänge entspricht hier also einer Winkelgeschwindigkeit von $^1/_{12}$°. Auf der Abscisse entsprechen je 15 mm. einer Zeit von 10 Minuten.

teressante, offenbar durch elektrische Influenz bedingte periodische Störung der Bewegung zeigt sich bei Anwendung des (leichten) Zeigers der Flimmeruhr, wenn man mit kräftigen Induktionsströmen (Ruhmkorff) und bei sehr geringer Reibung der Walze arbeitet. Hier ist unmittelbar vor dem Passiren eines Zahnes die Bewegung etwas beschleunigt, unmittelbar nachher etwas verzögert, wie wenn Zähne und Platinafähnchen ungleichnamige Pole zweier schwacher Magneten wären. Die mittlere Geschwindigkeit scheint dadurch nicht merklich geändert zu werden. Da zudem das Phänomen in gleicher Weise sich bei jedem Zahnvorübergang wiederholt, liegt darin keine in Anbetracht kommende Fehlerquelle.

Der Versuch betrifft eine frisch präparirte Membran von R. esculenta. Nachdem die Bewegung bei einer Zimmertemperatur von 21° C. zwei Minuten lang sehr constant geblieben war (Winkelgeschwindigkeit von 5°) wurde die Erwärmung begonnen: Während der ersten 10 Minuten steigt die Temperatur von 21° auf 41° C. und gleichzeitig nimmt die Geschwindigkeit um 25% zu. Es wird nun langsamer erwärmt bis 50°. Schon bevor der Thermometer 45° zeigt, fängt die Geschwindigkeit an steil abzunehmen. Sobald sie auf etwa 1/6 der anfänglichen Höhe herabgesunken, wird abgekühlt. Infolge davon hebt sich die Geschwindigkeit wieder zu bedeutender Höhe. Am Ende des Versuchs hat sie bei 22° C. etwa 5/6 der Anfangshöhe wieder erreicht.

Der Versuch zeigt also sehr deutlich, dass die Energie der Flimmerbewegung unterhalb 40° C. mit der Temperatur steigt, bei weiterer Erwärmung rasch abnimmt um dann bei schnell folgender Abkühlung wieder zu steigen.

In diesem Versuch hatten sowohl Erwärmung wie Abkühlung noch etwas zu schnell Statt. Der Thermometer ging der Membran voraus. Hieraus erklärt sich, dass die Bewegung noch nicht völlig still stand als der Thermometer bereits 50° anwies.

Nahezu vermieden ist dieser Fehler in Versuch 2, Fig. 2, Taf. VI, der den Einfluss einer Abkühlung von 21° C. auf 10° und darauf folgender Erwärmung zeigt. Die Bedeutung der Ordinaten- und Abscissenlängen ist dieselbe wie in Fig. 1. Das Rad hatte hier anfangs eine Geschwindigkeit von 6,2°. Während die Temperatur nun im Laufe von etwa einer halben Stunde auf 10° fällt, sinkt die Geschwindigkeit auf 0,5°, hält sich mit der Temperatur einige Zeit auf niederer Höhe um mit ihr von der 44. Minute an schnell wieder zu steigen.

II. Einfluss elektrischer Reizung.

Ich habe bisher nur Induktionsströme angewandt. Um sie zu appliciren, wurde auf das Cardia- und auf das Mundende der Membran je eine Elektrode gesetzt: ein 20 mm. langes, 5 mm. breites, 1 mm. hohes Messingprisma, auf dessen Unterfläche ein Platinastreif gelöthet ist, den wiederum ein vor dem Versuch feucht gemachter Streifen Hirschleder bedeckt. Zwei angelöthete Nadelspitzen dienen dazu, die Elektroden festzustecken. Von jeder führte ein dünner Draht durch die Röhrchen oo, Fig. 1, Taf. V,

aus der Kammer heraus zu einem Schlüssel und von da zur sekundären Spirale eines Schlittenapparates. Beginn und Ende der Reizung wurden durch den Interruptor des letzteren auf dem Cylinder dicht unter der chronoskopischen Curve notirt.

Ich fand alsbald eine ältere Beobachtung bestätigt, dass Art und Grösse des Einflusses der elektrischen Reize ganz abhängen von dem Zustand der Membran. Die Wirkung kann beschleunigend, kann hemmend oder auch Null sein, je nachdem die Membran geartet ist.

Wirkungslos erwiesen sich meist die Reize, wenn die Schnelligkeit an und für sich schon ansehnlich war, z. B. bei einer frisch präparirten Haut bei gewöhnlicher Temperatur (15—25° C.). Dies zeigt an einem Beispiel die folgende Tabelle, die die Anzahl Funken angiebt, welche jedesmal in einer halben (1, 2, 3) oder ganzen Minute (4) vor, während und nach dem Tetanisiren mit abwechselnd gerichteten Induktionsströmen (1 Grennet, 0 ctm. Rollabst.) übersprang.

	Dauer der Reizung.	Zahl der Funken vor	während dem Tetanisiren.	nach
1	1/2 Min.	9	9	9
2	„	12	11	10
3	„	10	9	9
4	1 Min.	19	17	17

Da hier längere Zeit tetanisirt wurde, könnte man meinen, dass eine anfängliche Beschleunigung durch darauf folgende Verzögerung (infolge Ermüdung) compensirt worden sei und darum in den Zahlen der Tabelle nicht zu Tage trete. Doch war dies wie die Ausmessung der Intervalle zwischen den einzelnen Funken ergab, nicht der Fall. Uebrigens fehlt sehr häufig auch bei Anwendung momentaner oder doch nur wenige Sekunden dauernder Reizung mit Strömen verschiedenster Dichte jeder deutliche Erfolg.

Anders pflegt es zu sein, wenn die Bewegung von selbst langsamer geworden ist, also z. B. wenn die Membran einen Tag lang in der feuchten Kammer gelegen hat. Fast immer hat elektrische Reizung dann eine Beschleunigung zur Folge, wie z. B. der in Fig. 3, Taf. VI dargestellte Versuch zeigt.

In dieser Figur entsprechen die auf der Curve markirten Punkte je einem Funken. Die Zeit, in der dieselben aufeinander folgten, erhellt aus den Abscissenlängen (1 mm. = 1 Sec.). Die

zu jedem Punkt gehörige Ordinate ist proportional der Winkelgeschwindigkeit des Rades in der Zeit zwischen ihm und dem zunächst vorausgehenden Funken (1 mm. Ordinatenlänge = $^1/_{20}{}^0$). — Auf der Abscisse sind Zeit und Dauer der Reizungen (i u. i_I) notirt. Es wurden abwechselnd gerichtete Induktionsschläge benutzt (1 Grennet, 0 Rollenabstand).

Wir sehen aus Fig. 3, wie zufolge einer 4 und einer 6 Sek. langen Reizung die Geschwindigkeit jedesmal auf mehr als das Doppelte steigt. Sehr augenfällig ist das Stadium latenter Wirkung, ein gleichfalls langes Stadium steigender Energie (das Maximum der Geschwindigkeit wird in beiden Fällen erst nach Aufhören der Reizung erreicht) und ein noch längeres Stadium sinkender Energie.

Es kommt vor, dass nach einer erfolgreichen ersten Reizung die zweite keine deutliche Beschleunigung hervorbringt. Dies braucht nicht auf Ermüdung zu beruhen, erklärt sich vielmehr in vielen Fällen aus der durch den elektrischen Reiz gesteigerten Schleimabsonderung. Ich habe schon früher bemerkt[1]), dass die Schleimsekretion der Mundschleimhaut des Frosches durch elektrische Reize plötzlich erhöht werden kann. Hierdurch entsteht dann ein mechanisches Hemmniss für die Bewegung, das Beschleunigungen maskiren kann.

Leicht kann man sich mit blossem Auge hiervon überzeugen. Eine vorher nicht oder kaum merklich mit Schleim bedeckte Membran wird mitunter wenige Sekunden nach einer kräftigen Reizung von einer dicken Schleimlage bedeckt gefunden. An der Cardiaseite der Walze treten zahlreiche dicke Schleimbrücken auf, die vor der Reizung nicht bestanden. Zerreisst man sie mit einem Pinsel oder einer Nadel, oder durch Vorwärtsblasen des Rades oder Zeigers, so ist die Bewegung sogleich viel schneller.

Fig. 4 giebt ein Beispiel vom Einfluss elektrischer Reizung auf die Schleimabsonderung. Die Membran hatte unmittelbar vor dem Versuche 2 Stunden lang in einem mit Kochsalzlösung von 0,25 % gefüllten Becherglas gelegen und ward nun nacheinander je 3 Sek. lang bei 3 ctm. (i), 2 ctm. (i_I) und 1 ctm. (i_{II}) Rollenabstand (1 Gremet) tetanisirt.

Die Ordinaten der auf der Curve markirten Punkte entspre-

1) Ueber die Flimmerbewegung. Jenaische Zeitschr. etc. Bd. IV. 1868. S. 389. Anmerkung.

chen der mittleren Geschwindigkeit von je 5 aufeinander folgenden Funken: 1 mm. = $^1/_{10}{}^0$ Winkelgeschwindigkeit. Auf der Abscisse sind 10 mm. = 100 Sec. Bei * wurden jedesmal die Schleimbrücken durch kurzes Anblasen des Rades zerrissen. Während dieses nur wenige Sekunden dauernden Aktes wurde der Registrirapparat ausser Thätigkeit gesetzt.

Nach jeder Reizung sieht man die Geschwindigkeit bedeutend herabgehen und zwar dauernd. Nach dem Zerreissen der Schleimbrücken ist sie aber sofort wieder auf etwa der alten Höhe, zum Beweise, dass nicht die Flimmerbewegung direct geschwächt, sondern dass nur ein äusseres mechanisches Hinderniss durch die Reizung geschaffen wurde. — Wenn man nicht, wie in der Figur geschehen, nur die mittlere Geschwindigkeit während je 5 aufeinanderfolgenden Funken, sondern die einzelnen Intervalle zwischen je 2 Funken in Betracht zieht, so zeigt sich auch im vorliegenden Falle die beschleunigende Wirkung der Elektricität. Man ersieht dies aus folgender Tabelle, in welcher die Zeitintervalle je der letzten drei einer Reizung vorausgegangenen und der ersten vier darauf folgenden Funken in Sekunden notirt sind; i, i_{I}, i_{II} sind dieselben Reizungen, die in Fig. 4 stehen, i_{III}, i_{IV}, i_{V}, i_{VI} vier spätere Reizungen derselben Membran, die in Fig. 4 nicht mit aufgenommen sind. Die Dauer der Reizung betrug bei i_{IV} 1,5 Sek., bei i_{VI} 6 Sek., in den übrigen Fällen 3 Sekunden. Der Rollenabstand ist über jeder Columne angegeben.

	i 3 ctm.	i_{I} 2 ctm.	i_{II} 1 ctm.	i_{III} 0 ctm.	i_{IV} 6 ctm.	i_{V} 6 ctm.	i_{VI} 8 ctm.
Vor der Reizung	7.8	9.2	11.6	9.6	8.4	8.0	6.2
	8.2	9.0	10.4	9.4	8.4	10.0	7.4
	8.2	11.6	11.0	8.8	8.2	9.6	9.0
Während d. Reiz.	7.4	8.4	9.8	7.8	6.6	70	5.0
Nach der Reizung	6.2	8.4	7.0	7.0	5.6	6.0	6.8
	5.8	10.4	9.6	9.6	9.0	5.6	6.4
	7.0	13.0	11.6	11.6	9.0	6.4	6.4
	7.8	15.0	14.0	12.4	8.0	7.6	5.7

Der direkt lähmende Einfluss elektrischer Reize, den ich früher unter bestimmten Bedingungen (übermässige Quellung in Wasser z. B.) beobachtet hatte, lässt sich mit der Registrirmethode nicht leicht zur Anschauung bringen. Wahrscheinlich nur desshalb, weil die Methode schon eine nicht unbeträchtliche Energie der Bewegung voraussetzt um überhaupt anwendbar zu sein, die Hemmungswirkung der elektrischen Reize aber immer wohl nur

bei schon geschwächter Bewegung eintritt. Ein Beispiel kann ich gleichwohl mittheilen, worin die genannte Wirkung sehr deutlich hervortrat. Dass Hemmung durch Schleimsekretion hier nicht im Spiel war, muss daraus abgeleitet werden, dass die Bewegung bald nach Aufhören der Reizung sich wieder beschleunigte, ohne dass Schleim entfernt oder Schleimbrücken zerrissen worden wären. Hemmung durch gesteigerte Schleimproduktion weicht ohne eins der letztgenannten mechanischen Hülfsmittel nicht, ja führt häufig nach kurzer Zeit zu völligem Stillstand.

Die Zahlen der folgenden Tabelle geben die für eine Drehung von 90° erforderte Zeit in Sekunden an. Die Reizung fing jedesmal bei Beginn eines neuen Quadranten an und endigte wenn dieser vom Rad zurückgelegt war. Abwechselnd gerichtete Induktionsschläge. 1 Grennet.

	i	II
	0 ctm.	0 ctm.
Vor der Reizung	29	48
	31	40
	30	45
Während der Reizung	50	50
Nach der Reizung	92	67
	57	54
	41	52

Wegen einer etwaigen Betheiligung der Wärmewirkungen der elektrischen Ströme an den geschilderten physiologischen Effekten verweise ich auf meine ältere Arbeit S. 392 f.

III. Einfluss von Wasser und Kochsalzlösungen.

Ich beschränke mich auf Mittheilung eines einzigen mit der Flimmermühle angestellten Versuchs, dessen Ergebnisse in Fig. 5, Taf. VI graphisch dargestellt sind. Die Ordinaten geben in Millimetern die Zahl der Funken an, die in der vorhergehenden Minute übersprangen. 1 mm. entspricht also einer Winkelgeschwindigkeit von etwa $^1/_{10}$%. Auf der Abscisse sind 10 mm. gleich 5 Minuten. Die Membran war von R. esculenta und frisch präparirt. Vor Anfang des Versuches war sie einmal mittelst eines in NaCl-lösung von $^1/_4$% getauchten Pinsels von kleinen Blutcoagulis und Schleimtheilchen befreit worden. Die Temperatur hielt sich während des Versuches auf etwa 17° C.

Nachdem die Geschwindigkeit innerhalb zweier Minuten etwas abgenommen hatte (von 2,5° auf 2,3°) wurde die Membran

aus der Kammer entfernt (wobei sie jedoch auf dem Kork befestigt blieb) und $^1/_2$ Minute lang in ein mit destillirtem Wasser gefülltes Becherglas getaucht. Unmittelbar nachher wieder zurückversetzt, ergab sich eine auf 3,6° gesteigerte Geschwindigkeit; als diese in der nächsten Minute etwas gesunken war, ward die Membran aufs Neue, nun aber 5 Min. lang unter destillirtes Wasser gehalten. Jetzt sank die Geschwindigkeit auf 0,4° und würde zweifellos Null erreicht haben, wenn die Beobachtung solange fortgesetzt worden wäre. Schleimsekretion hatte an der Verlangsamung keinen Antheil. Erstens war sie überhaupt nicht sehr merklich und dann wurde beständig mit einem Pinsel das Wenige entfernt, was die Bewegung vielleicht hätte verzögern können. Die Zahlen geben also immer Maximalwerthe der Geschwindigkeit.

Nach der 22. Minute wurde die Membran wieder entfernt und nun 2 Minuten lang in ein mit Kochsalzlösung von 1,5 % gefülltes Becherglas getaucht. Hierdurch wird der vom destillirten Wasser zuvor angerichtete Schaden sogleich wieder ausgebessert; denn schon in der 27. Minute hat die Geschwindigkeit wieder die Höhe von 1,7°, in der 30. die Höhe von 1,8° erreicht, und sie hebt sich nach nochmaliger eine Minute lang währender Behandlung mit derselben Salzlösung auf 2,5° um sich weiterhin fast constant zu halten.

Jetzt wird die Membran 1 Minute lang in fünfprocentige Kochsalzlösung getaucht: die Bewegung steht sogleich still. Nachdem der Stillstand 5 Minuten gedauert hat, ohne durch irgend ein mechanisches Hülfsmittel beseitigt werden zu können, erweckt ein kurzer Aufenthalt in destillirtem Wasser die Bewegung wieder, so, dass zwei Minuten später bereits wieder eine Geschwindigkeit von 1,6 gemessen wird.

Der Versuch bestätigt also die früheren Ergebnisse, dass destillirtes Wasser bei kurzer Einwirkung beschleunigend, bei längerer allmählich hemmend wirkt, dass die Hemmung durch Kochsalzlösungen von 1,5 % beseitigt werden kann und endlich, dass der durch stärkere Salzlösungen (5 %) erzeugte Stillstand durch reines Wasser aufgehoben werden kann.

IV. Einfluss von Gasen und Dämpfen.

Bei der Untersuchung des Einflusses flüchtiger Substanzen blieb die Membran jedesmal während der ganzen Dauer des Ver-

suches in Contakt mit der Walze. Gase wurden mittelst der früher beschriebenen Röhren zugeführt. Um Dämpfe, z. B. von Ammoniak, Aether, Chloroform, Amylnitrit u. dgl. einwirken zu lassen, wurden kleine mit der flüchtigen Substanz getränkte Schwämme in die Kammer oder auch nur in die für den Thermometer bestimmte Oeffnung des Deckels gelegt und sobald nöthig wieder weggenommen. Die Lüftung der Kammer liess sich durch kräftiges und anhaltendes Durchsaugen sehr rasch und vollständig bewirken.

Zum Beleg die folgenden in Fig. 6—10 auf Taf. VI abgebildeten Versuche.

Fig. 6 zeigt den hemmenden Einfluss der Kohlensäure und die Beseitigung desselben durch atmosphärische Luft. Der Versuch ward mit einer, nur mit ihrer natürlichen Feuchtigkeit bedeckten Membran von R. temporaria angestellt. Die Ordinaten sind proportional der Anzahl Funken, die jedesmal während einer halben Minute übersprangen, 1 mm. = $^1/_{20}{}^0$ Winkelgeschwindigkeit. Auf der Abscisse bedeuten 10 mm. eine Minute.

Nachdem die Geschwindigkeit in der ersten Minute constant 2,75° geblieben, wird ein starker Strom reiner CO_2 während zweier Minuten durch die Kammer geleitet. Nach einer, nicht in der Curve dargestellten kurzen Beschleunigung tritt Sinken ein, so rasch, dass die mittlere Geschwindigkeit bereits in der ersten halben Minute bedeutend reducirt ercheint. Weiterhin sinkt sie langsamer und erreicht ihr Minimum, 0,3°, erst nach Aufhören der CO_2-Zufuhr. Unter dem Einfluss eines starken Stromes atmosphärischer Luft erhebt sie sich innerhalb $2^1/_2$ Minute wieder auf 1,6°. Neues Einleiten von CO_2 drückt sie innerhalb weniger als $1^1/_2$ Minute auf 0,4° herab, worauf dann ein Luftstrom wieder eine Steigerung auf 1,4° u. s. w. bedingt.

Der Versuch bestätigt also die älteren Ergebnisse. Aehnliches Verhalten zeigt die Aetherwirkung, wovon Fig. 7 ein Beispiel giebt. Hier sind die Ordinaten der auf der Curve markirten Punkte der Zahl der Funken proportional, welche jedesmal in den vorhergegangenen 2 Minuten übersprangen. 1 mm. entspricht einer Winkelgeschwindigkeit von $^1/_6{}^0$. Auf der Abscisse entsprechen je 10 mm. der Dauer von 4 Minuten.

Der Versuch ward an einer frischen Membran von R. esculenta, bei einer nahezu constanten Temperatur von 16° C. angestellt.

Die Membran war mit ihrer natürlichen Feuchtigkeit bedeckt; Schleim wurde fast gar nicht producirt, wie auch daraus ersichtlich, dass innerhalb der ersten drei Minuten keine nennenswerthe Verzögerung der Bewegung eintritt. Zu Anfang der 4. Minute wird ein mit Aether befeuchteter Schwamm in die Oeffnung des Deckels gesteckt. Nach einiger Zeit sinkt die Geschwindigkeit. Nachdem sie auf etwa $^2/_5$ der anfänglichen Höhe reducirt ist, wird der Schwamm mit Aether entfernt und die Kammer wiederholt gründlich mit atmosphärischer Luft ausgewaschen. Zunächst findet noch eine kleine Abnahme statt: das Minimum (0,5°) wird erst zwei Minuten nach Entfernung des Schwammes erreicht. Darauf steigt die Geschwindigkeit allmählich und erreicht nach 6 Minuten die anfängliche Höhe von 4,2°. — Neue Applicirung von Aether setzt sie im Lauf von etwa 8 Minuten auf 1,1° herab, worauf dann wieder Auswaschen mit Luft seinen günstigen Einfluss äussert, diessmal jedoch in geringerem Maasse und langsamer, wegen der viel längeren Dauer der vorausgegangenen Aethereinwirkung.

Dass Aether ebenso wie Kohlensäure eine beschleunigende Wirkung haben kann, zeigt Fig. 7 nicht. Ich lasse dafür zum Beweise noch einen mit der Flimmeruhr angestellten Versuch folgen. Die dazu benutzte Membran, von R. temporaria herrührend und 24 Stunden zuvor präparirt, hatte erst einige Stunden lang registrirt ohne besonderen Einflüssen ausgesetzt zu sein, war darauf einige Zeit mit Dämpfen von Amylnitrit behandelt worden und hatte dann 18 Stunden lang in der mit reiner atmosphärischer Luft gefüllten feuchten Kammer, immer in Contakt mit der Walze gelegen. Die Geschwindigkeit zu Anfang des Aetherversuches war nun nur halb so gross als die der frisch präparirten Membran. Aether scheint denn auch überhaupt nur unter der Bedingung, dass die Bewegung schon abgenommen hat, beschleunigend zu wirken.

Zeit.	Mittlere Geschwindigkeit.	Bemerkungen.
10h 45′	3°1	Von 10h 51′ bis 11h 2′ liegt ein Aetherschwamm in der Kammer.
„ 47′	3°3	
„ 50′	2°8	
„ 57′	5°3	
11h 3′	5°2	
„ 5′	2°4	
„ 6′	1°3 etc.	

Einen anfangs beschleunigenden später hemmenden Einfluss haben auch Dämpfe von Amylnitrit, und auch hier kann die Hemmung durch blosses Auswaschen mit Luft weggenommen wer-

den. Zum Belege sei auf Fig. 8, Taf. VI verwiesen, welche ohne weitere Beschreibung verständlich sein wird. Der betreffende Versuch ward mit der Flimmeruhr angestellt. Für die Ordinaten entspricht 1 mm. = $^1/_{18}{}^0$, für die Abscissen 15 mm. = 10 Minuten. Obschon die Anfangsgeschwindigkeit, wie man sieht, ganz erheblich war (3,7°) tritt doch zunächst noch eine Steigerung auf 4,3° ein. Bemerkenswerth ist mit Rücksicht auf die lange Dauer der Einwirkung des Amylnitrits das ziemlich schnelle Wiederanwachsen der Geschwindigkeit beim Einleiten von Luft. Diess ist in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen über die Flüchtigkeit der Wirkung desselben Agens auf das vasomotorische System. Freilich übertrifft in dieser Beziehung die CO_2 das Amylnitrit bei Weitem, wie ein Vergleich mit Fig. 6, unter Berücksichtigung des verschiedenen Werthes der Abscissen, lehrt.

Vermisst wird ausnahmslos die belebende Wirkung bei Anwendung von Chloroform. In Fig. 9 sind die Resultate eines von vier gleichlautenden Versuchen graphisch dargestellt. 1 mm. Ordinatenlänge entspricht hier einer Winkelgeschwindigkeit von $^1/_6{}^0$, 10 mm. Abscisse fünf Minuten. Man bemerke, dass die Geschwindigkeit, trotzdem sie rasch auf etwa den zehnten Theil gesunken war, nach Auswaschen des Chloroforms den hohen Anfangswerth (4,2°) nicht nur wieder erreicht, sondern sogar überschreitet. Die Erholung fand freilich langsam Statt.

Schliesslich noch einen Versuch zur Erläuterung der Wirkung des Ammoniaks (s. Fig. 10). Von diesem hat bekanntlich Virchow behauptet, dass es im Gegensatz zu den sog. fixen Alkalien, deren erregende Wirkung Virchow entdeckte, nur einen lähmenden Einfluss ausübe. Schon früher habe ich dem widersprechen müssen. Fig. 10 zeigt nun sehr deutlich die anfängliche Beschleunigung. Trotz der ansehnlichen Anfangsgeschwindigkeit (3,2°, 1 mm. = $^1/_{10}{}^0$) beträgt sie noch über 50%. Freilich tritt bald Abnahme ein und es ist bemerkenswerth, dass Auswaschen mit Luft hier nicht merklich fruchtet, um so bemerkenswerther als Ammoniakzufuhr nur in geringem Maasse (der Schwamm in der Oeffnung des Deckels war nur mit einem einzigen Tropfen befeuchtet worden) und nur sehr kurze Zeit ($^1/_2$ Minute) stattfand, für möglichst rasche Reinigung der Luft aber sofort gründlichst gesorgt wurde. Die Erklärung ist wohl im Wesentlichen in der enormen Grösse des Absorptionscoefficienten wässeriger Flüssigkeiten für Ammoniakgas zu suchen.

Beiträge zur Kenntniss der Reizwelle und Contractionswelle des Herzmuskels.

Von

Dr. Richard Marchand,

Assistenten am physiologischen Institut in Halle a. d. S.

Auf den Vorschlag von Herrn Prof. Bernstein unternahm ich im Dezember 1876 den Versuch, mit Hülfe der Beobachtung des Verlaufes der Reizwelle im Herzmuskel die Frage endgültig zu entscheiden, ob die Herzcontraction als eine einfache Zuckung oder als eine tetanische Contraction zu betrachten sei. An diese Aufgabe schloss sich von selbst eine eingehendere Untersuchung der Reizwelle des Herzmuskels an.

Der Versuch zur Lösung der genannten Aufgabe führte zunächst dazu, die electromotorischen Eigenschaften des Herzmuskels im ruhenden Zustande nochmals näher zu prüfen, ferner aber, parallel mit den Veränderungen derselben bei der Contraction, diese selbst ebenfalls einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, wie dies bereits durch Engelmann[1]) geschehen ist.

In der folgenden Arbeit schicke ich diese letztere Untersuchung vorauf, da sich an sie naturgemässer die Betrachtung der Veränderungen der electromotorischen Eigenschaften bei der Contraction anschliesst.

I. Der Contractionsverlauf am Ventrikel des Froschherzens.

1. Methode und Anordnung der Versuche.

Messungen über den Verlauf der Contraction des Herzmuskels können entweder mittelst des Manometers gemacht werden, oder so, dass das hängende resp. liegende Herz seine Verkürzung resp.

---

1) Pflüger's Archiv Bd. XI. 1875. S. 465.

Verdickung direkt durch Vermittelung eines Hebels auf den rotirenden Cylinder aufschreibt. Ich wählte zu der vorliegenden Untersuchung den letzteren Weg, weil es mir darauf ankam, die Bestimmung des Contractionsverlaufes möglichst zu localisiren, denselben möglichst für einen bestimmten Querschnitt des Herzmuskels zu ermitteln. Dies ist freilich im strengsten Sinne nicht ausführbar, indessen glaube ich, dass sich die nach dieser Methode erhaltenen Resultate mehr dem gewünschten Ziele nähern, als es mit Hülfe manometrischer Messungen möglich wäre, die ja immer nur die Gesammtwirkung der Contraction aller Theile des Herzmuskels ergeben können.

Die Anordnung bei den Versuchen war folgende: Das zu untersuchende Präparat lag auf einem Glasplättchen, welches die Reizelectroden trug. Auf dem Präparate ruhte ein sehr leichter Glashebel, der an einer Axe mittelst eines Fadens so befestigt war, dass er den Bewegungen des Herzens fast ohne Widerstand folgen konnte, ohne dass eine merkliche Verschiebung des Hebels an der Axe möglich war. Als Führung für das Hebelchen dienten vier polirte stählerne Nadeln. Eine beliebige Belastung wurde durch aufgesetzte Papierreiterchen erzielt. Die Electroden bestanden aus feinen Drähten, die unmittelbar auf der Glasplatte auflagen und bis auf die freien Spitzen lackirt waren. Der Abstand dieser Spitzen betrug kaum 0,5 mm. Dieser kleine Apparat war an einer senkrechten Messingstange verschiebbar angebracht, so dass der Hebel seine Bewegung auf den Cylinder eines älteren Myographions aufschreiben konnte. Da die Umlaufszeit desselben nicht ganz constant erhalten werden konnte, wurde unter jeder vom Hebel gezeichneten Curve eine Zeitcurve aufgeschrieben, und zwar benutzte ich dazu in Ermangelung einer geeigneten electromagnetischen Stimmgabel die Feder des von Hrn. Prof. Bernstein construirten acustischen Unterbrechers, die durch den Electromagneten dieses Apparates in Schwingung erhalten wurde. Dieselbe war auf 100 Schwingungen in der Secunde abgestimmt worden, was mit Hülfe der Schwebungen gegen eine Stimmgabel von 100 Schwingungen sehr genau geschehen konnte. Das Herz wurde erregt durch einzelne Inductionsschläge eines mittelgrossen Schlittenapparates, der durch ein Daniell'sches Element gespeist wurde.

Die Reizung selbst wurde durch den Unterbrecher des Myo-

graphions ausgeführt, einen auf dem Cylinder befindlichen Stift, der bei der Rotation eine vorher mit der Hand vorgelegte Feder wegschlug und so einen Contact öffnete. Zur Vermeidung unipolarer Wirkungen war in den secundären Kreis ein Schlüssel als Nebenschliessung eingeschaltet.

Das Präparat wurde durch kleine, mit 0,75 %tiger NaCl-Lösung angefeuchtete, Thonkissen in seiner Lage fixirt und durch zeitweises Anfeuchten mit Froschserum vor Austrocknung geschützt. Die meisten Versuche wurden nur an ganz frisch herausgenommenen Herzen angestellt.

Die Herstellung der Präparate geschah so, dass nach Spaltung des Brustbeins und des Herzbeutels das Herz an den Aorten hervorgezogen und von den Gefässen getrennt wurde, nachdem der feine Sehnenfaden, der den Ventrikel an der Rückseite fixirt, durchschnitten war. Ich bezeichne die benutzten Präparate als „Herzspitze", wenn der Ventrikel durch einen Schnitt mit dem Rasirmesser oder einer feinen Scheere etwa einen Millimeter unterhalb der Atrioventriculargrenze abgetrennt war, als „ganzen Ventrikel", wenn der Schnitt dicht oberhalb derselben Grenze geführt worden war, endlich als „Herz ohne Sinus", wenn nur der Sinus entfernt worden war. In allen drei Fällen blieb das Herz während des Versuchs pulslos, was durch Vermeidung dauernd reizender Einwirkungen leicht zu erzielen ist. Den Inductionsschlägen wurde eine solche Stärke ertheilt, dass sie mit Sicherheit eine Zuckung auslösten, ohne bei Anwesenheit der Atrioventricularganglien deren mehrere hervorzurufen, was leicht eintritt, wenn die Gegend der Atrioventriculargrenze durch stärkere Reize getroffen wird[1]).

Die Versuche wurden nun so angestellt, dass das Präparat unter möglichster Schonung desselben — zum Anfassen mit der Pincette eignet sich die Stelle, wo der Rest des oben erwähnten Sehnenfadens sich inserirt, besonders, da man auf diese Weise eine Quetschung des Ventrikels ganz vermeidet — auf das Reizplättchen aufgelegt wurde, so dass die Basis des Präparates auf den Electroden und genau über denselben der Hebel auf dem Präparate lag. Das Herz wurde nun durch Thonkissen fixirt und der

---

1) Ich habe über dieses Verhalten der Atrioventricularganglien im Anschluss an Versuche von **Munk** eine besondere Versuchsreihe angestellt.

Hebel mittelst einer Mikrometerschraube, durch welche die ganze Anordnung vor- und rückwärts bewegt werden konnte, mit möglichst geringer Reibung an die Trommel angelegt. Nachdem nun die Zeitschreibung angebracht war, wurde die Hemmung des Myographions weggeschlagen und eine Abscissenlinie gezeichnet. Sobald eine Umdrehung fast vollendet war, wurde die Feder der Zeitschreibung durch einen leichten Schlag mit dem Finger in Bewegung gesetzt, während gleichzeitig die andere Hand den Reizapparat des Myographions so stellte, dass bei dem Weiterrücken des auf der Trommel befindlichen Stiftes der Contact des Reizapparates geöffnet werden musste. Alsbald zeichnete das Herz seine Curve auf. Es wurde alsdann der dem Reizmoment entsprechende Punkt der Abscissenlinie, sowie der diesem entsprechende Punkt der Zeitcurve bestimmt, und der Versuch war beendet.

2. Grösse der Latenzdauer.

Die folgenden beiden Tabellen enthalten die bei den Latenzbestimmungen nach dieser Methode gewonnenen Resultate. Die in der ersten aufgeführten Versuche sind an Winterfröschen Ende Februar und Anfang März angestellt; die in der zweiten enthaltenen Resultate rühren von Sommerfröschen her, die kurz vorher eingefangen waren. Diese Versuche sind im April angestellt. Bei dieser letzteren Versuchsreihe wurden die Curven ferner auf sehr feines und glattes, ganz leicht berusstes Postpapier geschrieben und waren deshalb sehr genau abzulesen. In den Tabellen fehlen alle Versuche, die mangelhaft ausgefallen waren und deshalb beanstandet werden konnten.

Tabelle I.

Rana esculenta. Den Winter hindurch aufbewahrte Exemplare. Reizstärke in allen Versuchen minimal oder wenig grösser.

Nummer.	Datum.	Bezeichnung des Präparats.	Latenzwerth in $^1/_{100}$''.	Zimmer-Temperatur.
I.	17.II.77.	Herzspitze.		?
1.	—	—	29	
2.	—	—	30	
3.	—	—	28,5	
4.	—	—	29,5	
5.	—	—	28	
6.	—	—	28,5	

Nummer.	Datum.	Präparat.	Latenzzeit.	Temperatur.
II.			1/100 "	
7	19.II.	Ganzer Ventrikel.	25,5	15°C.
8	—	—	22,5	—
9	—	—	28,5	—
III.				
10	19.II.	Ganzer Ventrikel.	17,5	19°C.
11	—	—	17	—
12	—	—	24	18° C
IV.				
13	20.II.	Ganzer Ventrikel.	24	19°C.
14	—	—	21	—
15	—	Herzspitze desselben Präparats.	21,5	—
V.				
16	21.II.	Ganzer Ventrikel.	21,5	13,2° C
17	—	Spitze dess. Präparats.	17	—
VI.				
18	27.II.	Ganzer Ventrikel.	26	12°C.
19	—	—	18,25	17°C.
20	—	Spitze dess. Präparats.	19	—
21	—	—	15,5	—

Nummer.	Datum.	Präparat.	Latenzzeit.	Reizstärke in mm. Abst. der Rollen.	Temperatur.
VII.			1/100 "		
22	8. III.	Herz ohne Sinus.	28,5	75	15,3°C.
23	—	—	32	74	—
24	—	—	28	90	14,8°C.
25	—	—	33	84	—
26	—	—	32,5	75	—
VIII.					
27	9. III.	Herz ohne Sinus.	31,75	65	14,5° C.
28	—	—	30	66	—
29	—	—	27	73	15° C
30	—	—	27	73	—
31	—	—	32,5	65	16,3° C.
IX.					
32	10. III.	Herz ohne Sinus.	17,75	70	15,0° C

Tabelle II.

Rana esculenta. Frisch eingefangene Exemplare. Reizstärke verschieden.

Nummer.	Datum.	Präparat.	Latenzzeit.	Reizstärke.	Temp.	Bemerkungen.
X.	9. IV.		1/100''			
33	12h	Herz oh. Sin.	17,5	60mm.	15°C	Zwischen 34 u. 35
34	—	—	16,0	0	—	wird 25 mal mit
35	—	—	15,5	0	—	Reizst. 0 mm. ger.
36	4h	—	15,25	0	13,5° C.	Nach 35 Herz in
37	—	Herzspitze dess. Präp.	11,25	0	—	Froschserum gel. Curven 37, 38, 39
38	—	—	12,0	0	—	sind merklich nie-
39	—	—	11,0	0	—	driger als d. vorig.
XI.						
40	10. IV.	Herz oh. Sin.	11,5	40	16,25°C.	
41	—	—	11,5	40	—	
XII.						
42	10. IV.	Herz oh. Sin.	14,5	60	18,75°C.	
43	—	—	15,5	60	—	
44	—	Herzspitze dess. Präp.	15	60	—	Curven niedr.
45	—	—	17,5	50	—	als die ersten.
XIII.						
46	11. IV.	Herz oh. Sin.	18	60	16,8°C.	
47	—	—	17,5	60	—	
48	—	Herzspitze dess. Präp.	15,5	50	—	
49	—	—	18	50	—	
50	—	—	18	50	—	
51	—	—	18	50	—	
XIV.	14. IV.					
52	1h.	Herz oh. Sin.	21,5	50	11,5°C.	
53	—	—	21	50	—	
54	5h	—	21	50	11,8°C.	Herz nach 53 in
55	—	—	24,75	50	—	Froschserum gel.

Mittelwerthe aus den Versuchen:

Tab. I.

Nummer der Versuchsreihe	Mittelwerth in $^1/_{100}$''.
I.	28,9166
II.	28,0833
III.	19,50
IV.	22,1666
V.	19,250
VI.	19,6875
VII.	30,80
VIII.	29.650
IX.	17,750

Tab. II.

Nummer der Versuchsreihe	Mittelwerth in $^1/_{100}$''.
XI.	11.50
XII.	15,625
XIII.	17,50
XIV.	22,0625

	Maximum.	Minimum.
Tab. I	33, (Vers. 25)	15,5(Vers. 21)
Tab. II	24,7 (Vers. 55)	11(Vers. 39)

Es zeigt sich, dass die von Winterfröschen erhaltenen Werthe nicht unbeträchtlich grösser sind, als die von Sommerfröschen. Die Mittelwerthe der ersteren schwanken zwischen 30,8 u. 17,75 Hundertstel Secunde, die der letzteren zwischen 22,0625 und 11,5 Hundertstel.

Die Beschaffenheit des Präparates, ob dasselbe aus „Herzspitze“, „ganzem Ventrikel“, oder „Herz ohne Sinus“ besteht, macht nach den mitgetheilten Zahlen keinen Unterschied in der Latenzdauer. Zwar zeigt Versuchsreihe X bei Versuch 36 und 37 eine merkliche Verkürzung der Latenzzeit, nachdem die Herzspitze isolirt worden war, indessen ist dies bei anderen Versuchen nicht der Fall. (S. V. 14 und 15, 19 u. 20, 43 u. 44, 47 u. 48.) Deshalb konnten also die Mittelwerthe ohne Rücksicht auf das benutzte Präparat bestimmt werden.

Ein deutlicher und constanter Einfluss der Temperatur innerhalb der bei den Versuchen vorkommenden Grenzen auf die Latenzdauer ist nicht nachweisbar. Auch die Ermüdung scheint ohne Einfluss zu sein, da z. B. in Versuch 35 die Latenzzeit trotz 25 maliger starker Reizung nicht grösser ist, als in Vers. 34.

Einen merklichen Einfluss scheint die Reizstärke zu besitzen, wie dies schon von Engelmann hervorgehoben wurde. Zwar ist in Versuch 34 die Abnahme der Latenzzeit nicht sehr bedeutend im Vergleich zu Versuch 33, dagegen zeigen die folgenden Versuche, die beiläufig zur Ermittelung dieses Einflusses angestellt wurden, eine sehr merkliche Abnahme der Zeiten bei zunehmender Reizstärke:

Datum.	Präparat.	Latenzzeit.	Temperatur.	Reizstärke.
9. III. 77		$^1/_{100}$''	18,5° C.	mm.
1	Herz ohne Sinus.	23	—	80
2	—	17	—	0
3	—	22	—	60
4	—	18,5	—	0

In diesen Versuchen wurden die Curven möglichst rasch hintereinander auf derselben Abscisse gezeichnet, ohne dass zwischen 1 und 2 oder 3 und 4 irgend eine Aenderung in der Anordnung getroffen wäre.

Die sämmtlichen in den gegebenen Tabellen vorkommenden Latenzwerthe sind als Zeiten der reinen Muskellatenz zu betrachten. Denn es werden die dem Reizungspunkte benachbarten Muskelfasern direct erregt. Diese pflanzen ihre Erregung auf den gesammten Querschnitt, auf welchem der Hebel ruht, sowie auf das ganze Herz fort und es wird voraussichtlich die Bewegung des Hebels annähernd in demjenigen Zeitpunkte beginnen, in welchem die direct erregten Muskelfasern in der Nähe des Reizpunktes ihre Contraction anfangen. Etwa vorhandene nervöse leitende Elemente könnten auf die Latenzdauer keinen Einfluss haben, da eine durch sie vermittelte Erregung immer später eintreten würde, als die directe Erregung am Reizpunkte, und jener späteren Erregung auch eine spätere Contraction entsprechen müsste.

3. Gestalt der Contractionscurve.

Die nach der angegebenen Methode vom Herzen gezeichnete Curve zeigt dieselben wesentlichen Eigenthümlichkeiten, wie die von Helmholtz zuerst erhaltene Curve des quergestreiften Muskels. Sie steigt allmählich auf, erst convex, dann concav gegen die Abscissenaxe, bleibt scheinbar ziemlich lange auf derselben Höhe, um dann in anfangs concaver, dann convexer Krümmung gegen die Abscissenaxe wieder abzusinken. Bei den am besten gelungenen Curven ist das Maximum übrigens nicht durch eine Reihe von gleichen Ordinaten, sondern nur durch eine einzige Ordinate repräsentirt, so dass also die Curve in ihrem höchsten Theile gegen die Abcissenaxe schwach concav gekrümmt ist. Das Maximum liegt näher dem Anfangs- als dem Endpunkte der Curve, soweit sich der letztere bestimmen lässt. Im Absinken wurde zuweilen durch die Reibung des Hebelchens eine geringe Verzögerung hervorgebracht. Dieser Fehler betraf dagegen nicht den aufsteigenden Curvenabschnitt, da hier der mit ziemlicher Gewalt vom Herzen gehobene Hebel die sehr geringe Reibung an der Trommel mit Leichtigkeit überwand.

Die Gesammtlänge der Curve unterliegt grossen Verschiedenheiten. Die Dauer der Contraction kann danach bis auf 3 Secun-

den steigen. Die meisten der gemessenen Curven entsprachen einer Dauer von 2 bis 2,5 Secunden. Indessen sind diese Zahlen nicht als absolute zu betrachten, da wahrscheinlich die Dauer der Contraction durch mancherlei Einflüsse, bes. den der Temperatur, bedingt wird.

4. Bedeutung der Curven.

Die auf obige Weise erhaltenen Curven sind mit den von parallelfaserigen Muskeln gewonnenen nicht direkt zu vergleichen; sie stellen weder Verdickungen noch Verkürzungen der Fasern für sich dar, sondern sind das Resultat ausserordentlich vieler in den verschiedensten Richtungen gleichzeitig wirkender Verdickungen und Verkürzungen von Fasern, da in jedem Querschnitt des Herzens, entsprechend dem cavernösen Bau seiner Wandung, Fasern in allen möglichen Richtungen verlaufen. Die in dem liegenden blutleeren Herzen vorhandenen Hohlräume sind übrigens, wie mir ein besonderer Versuch zeigte, sehr gering, so dass man von ihnen wohl absehen kann.

Beobachtet man direkt die Formveränderung des liegenden, blutleeren Ventrikels bei der Contraction, wenn derselbe, wie es bei den Versuchen der Fall war, auf seiner dem Rücken des Thieres entsprechenden Fläche lag, so zeigt sich, dass seine Vorderseite, also die der Bauchseite des Thieres entsprechende Fläche, sich abflacht und eine dreieckige Gestalt annimmt. Zugleich erhebt sie sich etwas, indem der Höhendurchmesser des liegenden Präparates zunimmt. Gleichzeitig hebt sich die Spitze des Ventrikels von der Unterlage ab, so dass der Rand derselben eine Bogenlinie in der Luft beschreibt. Ferner flachen sich die Seitentheile des Herzens ab, der Querschnitt wird dreikantig und es ruht während einer kurzen Zeit das Herz nur mit dem der Basis näheren Theil der unteren Kante auf der Unterlage. Die Längsaxe des Ventrikels verkürzt sich ein wenig bei der Zusammenziehung.

Für uns ist nur wesentlich die Zunahme in der Höhe des liegenden Präparates, die wir durch den Hebel vergrössert aufzeichneten. Ausserdem ist zu beachten, dass der Hebel auf dem basalen Theile und nicht auf der Spitze des Ventrikels aufliegen musste, da die Spitze der Kammer sich bei der Contraction von der Unterlage abhebt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Herzmuskel am unver-

sehrten Präparate zu bestimmen, ist mir nicht gelungen. Jedenfalls ist dieselbe weit grösser, als die von Engelmann für streifenförmige Herzmuskelstücke gefundenen Werthe, wie dieser Autor selbst annimmt[1]). Zeichnet man nämlich möglichst rasch hintereinander 2 Curven von gleicher Grösse, während man nacheinander an zwei möglichst weit von einander entfernten Punkten des Herzmuskels reizt, wobei der Hebel an seiner Stelle blieb, so sind die Abstände der erhaltenen Curven so gering, dass sie von den nicht unbedeutenden Verschiedenheiten in der Latenzdauer oft übertroffen werden. Man erhält daher Curven, deren Anfangspunkte ziemlich ohne Regel bald wenig, bald auch gar nicht auseinanderliegen. Danach muss man annehmen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit grösser ist als 100 mm. in 1″, da Werthe, die unter dieser Zahl liegen, doch bei einer grösseren Zahl von Versuchen deutliche Resultate ergeben müssten. Die für die Function des Herzens wesentliche Folge dieser grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Contractionswelle ist, dass alle Fasern desselben fast gleichzeitig ihre Contraction beginnen und vollenden, ein Verhalten, das möglicherweise noch dadurch unterstützt wird, dass an vielen Punkten gleichzeitig eine Innervation stattfindet.

II. Die Reizwelle am Ventrikel des Froschherzens.

1. Electromotorisches Verhalten des ruhenden Ventrikels.

In Bezug auf dasselbe habe ich die Angaben von Matteucci, Du Bois-Reymond, v. Kölliker, H. Müller und Engelmann, im Ganzen bestätigt gefunden. Die wesentlichsten Punkte möchte ich hier in Kürze wiederholen.

An dem in der oben angegebenen Weise hergestellten Präparat vom Ventrikel, das durch Abtrennung des Atrioventrikularganglientheils zum Stillstand gebracht ist, weist die Bussole einen absteigend gerichteten Strom nach, d. h. es verhält sich jeder Punkt des Querschnitts negativ gegen jeden Punkt des natürlichen Längsschnitts, also der Herzoberfläche[2]). Der gleich nach dem Anlegen des Querschnitts in ziemlicher Stärke vorhandene Strom nimmt zunächst sehr rasch, dann langsamer ab, so dass er in Zeit von einer oder mehreren Stunden bei einer Temperatur von 18 bis 20° C., inner-

1) S. Engelmann, Pflüger's Archiv XI. S. 480.

2) Als absteigend (↓) bezeichne ich den vom Querschnitt an der Basis zur Herzspitze gerichteten Strom, den umgekehrten als aufsteigend (↑).

halb welcher Gränzen ich meistens arbeitete, einen von Null oft wenig verschiedenen Werth erreicht, ja selbst unter Null herabsinkt, indem er sich umkehrt. (S. Versuch XVII, XXXI.) Gleichzeitig möchte ich hier bemerken, dass die Gesammtschwankung des Ventrikels innerhalb dieser Zeit in gleichem Sinne abnimmt, ohne jedoch, soweit ich beobachtet habe, völlig zu verschwinden, solange das Herz noch erregbar ist.

Durch folgendes Beispiel möge dies Verhalten illustrirt werden:

1) Herzspitze, von Spitze und Querschnitt abgeleitet. Stromrichtung: ↓. Verhältniss der electromotorischen Kräfte angegeben in mm. Drahtlänge des zur Compensation dienenden Rheochords mit 1 Daniell. Dicke des kupfernen Rheochorddrahtes = 0,58 mm. Gesammtschwankung negativ gegen die Richtung des Muskelstroms. — Reizung: Ein Oeffnungsinductionsschlag. Rollenabstand 75 mm. Grösserer Schlittenapparat. 1 Daniell. Tangentenbussole. Spiegelablesung.

Zeit.	Rheochord.	Gesammtschwankung.	Differenz in Scalentheilen.
	mm.		
11 h. 30′	114	85bis240	— 155
33′	76	95—220	— 125
38′	66	90 - 205	— 115
12 h. 7′	29	76 — 140	— 64
25′	13,3	80—105	— 25
40′	8,3	73— 84	-- 11
45′	4,0	68 - 62 dann zurück bis 76	+ 6—14

Bei der letzten Ablesung kam eine Doppelschwankung zur Beobachtung.

Legt man an dem fast stromlos gewordenen Herzen einen neuen Querschnitt an, so erhält man, wie ebenfalls Engelmann[1]) angiebt, sofort wieder einen starken Strom im selben Sinne. Zugleich beobachtete ich eine bedeutende Zunahme der Gesammtschwankung, auf welche in dem folgenden Beispiel anfangs selbst noch eine weitere Zunahme folgt.

1) Pflüger's Archiv, Bd. XV, S. 117. 122.

2) Dasselbe Präparat mit frischem Querschnitt versehen. Dieselbe Anordnung. Stromrichtung ↓.

Zeit.	Rheochord.	Gesammt-schwankung.	Differenz in Scalentheilen.
	mm.		
12 h. 53'	147	100—216	— 116
57'	114	80—225	— 145
58,5'	97	89—240	— 151
1 h. 0'	90	72—230	— 158 Maximum
4'	76	70—226	— 156
7'	64	78—208	— 130
12'	50	70—191	— 121

Diese Beispiele mögen zur vorläufigen Orientirung über den Strom des ruhenden Herzens und die Grösse der Gesammtschwankung genügen.

Es finden sich im Ganzen selten Abweichungen von der angegebenen Stromrichtung am ruhenden Herzen. In einigen Fällen erhielt ich gleich anfangs aus mir unbekannten Gründen einen aufsteigenden Strom vom ruhenden Ventrikel.

Aus der sehr schnellen Abnahme und der bisweilen vorkommenden Umkehrung des Herzstromes ergiebt sich die Nothwendigkeit, bei Beobachtungen über die electromotorische Wirksamkeit bei der Contraction fortwährend genau zu compensiren.

2. Anordnung der Versuche.

Die Untersuchung der Schwankung wurde mittelst des von Hrn. Prof. Bernstein construirten Differential-Rheotoms ausgeführt. Die Anordnung bei den Versuchen war im Wesentlichen die von ihm in seinen „Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme“ angegebene[1]). Das Rheotom wurde in den folgenden Versuchen in der Weise angewendet, dass bei jeder Ablesung der Bussole die Wirkung einer nur einmaligen — bisweilen auch einer mehrmaligen — Reizung beobachtet wurde, was bei der grossen Langsamkeit des Ablaufes der Schwankung sehr wohl möglich ist. Es musste demnach, wenn aus der auf die Reizung folgenden Schwankung zu einer beliebigen Zeit ein Stück herausgeschnitten werden sollte, die Umdrehungszeit des Rheotomrades eine entsprechend lange Dauer haben. Einige Versuche er-

1) S. das angegebene Werk S. 14 u. S. 48.

gaben, dass eine solche von einer Secunde oder wenig mehr für alle Fälle genügte. Der von Helmholtz construirten Rotationsmaschine, durch welche das Rheotom getrieben wurde, gelang es, trotz der Langsamkeit der Bewegung einen sehr gleichmässigen Gang zu geben. Die Dauer der Ableitungszeit des Herzstroms betrug für jede Umdrehung des Rheotomrades ein bis mehrere Hundertstel Secunde.

In allen Fällen wurde, wie schon erwähnt, genaue Compensation angewendet. Diese wurde erreicht mit Hülfe eines Rheochords aus 0,58 mm. starkem Kupferdraht, der durch einen Stromwender mit einem Daniell'schen Element verbunden war. Um behufs genauerer Compensation grössere Drahtlängen verwenden zu können, schaltete ich in den Kreis des Daniell einen Siemens'schen Rheostaten ein. Beim Compensiren wurde so verfahren, dass der Gesammtstrom des Herzens durch die Bussole geschickt wurde, was mittelst einer mit den Quecksilbernäpfchen des Rheotoms und dem Bussolkreise verbundenen Wippe geschehen konnte. War so der Gesammtstrom compensirt, so war ganz sicher bei Einschaltung des Rheotoms mit Hülfe der genannten Wippe die Compensation weit genauer, als erforderlich, um jetzt beim Oeffnen und Schliessen des Bussolkreises keine Ablenkungen zu bekommen.

Die Reizung wurde mittelst eines grösseren Schlittenapparats ausgeführt, der durch ein Daniell'sches Element gespeist wurde. Die Eisenkerne der primären Rolle waren entfernt; zugleich war dem Apparat, ebenso wie der Rotationsmaschine, eine solche Stellung gegeben worden, dass er die Bussole möglichst wenig afficirte. In den Kreis der secundären Rolle waren zwei Pohl'sche Wippen eingeschaltet, deren eine dazu diente, um bei Anwendung zweier Reizstellen am Präparat den Strom bald durch die eine, bald durch die andere schicken zu können, die andere, um den Strom für ein und dieselbe Reizstelle umkehren und so etwa vorhandene Stromschleifen der Inductionsströme durch den Bussolkreis und Polarisationsströme ausschliessen zu können. Die Längsaxe des Präparates lag senkrecht gegen die Richtung der Electrodendrähte. So war das Hineinbrechen von Stromzweigen in den Bussolkreis, die übrigens bei unserer Anordnung nur bei Schieberstellungen nahe dem Oeffnungs- oder Schliessungspunkte der Ableitungszeit vorkamen, möglichst vermieden. Endlich konnte der Strom der secundären Spirale mittelst eines Schlüssels abgeblendet oder durch

das zu untersuchende Präparat geschickt werden. Die Reizung erfolgte gemäss der Einrichtung des Rheotoms durch einen sehr schnell aufeinander folgenden Schliessungs- und Oeffnungsinductionsschlag. Diese Schläge wurden dem Herzen zugeführt durch feine Platinelectroden, die auf dem Glasplättchen eines Reiztischchens aufgekittet waren. Dies Glasplättchen trug zwei Paare solcher Electroden, die bei den meisten Versuchen in einem Abstande von 6 mm. angebracht und bis auf ihre Spitzen, sowie das Plättchen selbst, mit isolirendem Firniss überzogen waren.

Als Rheoscop diente in den ersten Versuchen (bis Versuch XII incl.) eine Wiedemann'sche Tangentenbussole, die durch einen unter den Windungen angebrachten Magnetstab astasirt war. Später wurde eine Meyerstein'sche Bussole neuester Construction mit astatischem Magnetpaare benutzt, da diese von äusseren Störungen weit unabhängiger ist. Ihre Rolle besitzt 19477 Windungen. Um vollkommnere Astasirung zu erzielen und den Spiegel beliebig einstellen zu können, war sie mit einem unterhalb der Windungen verschiebbaren Hauy'schen Stabe versehen worden. Durch diesen konnte die Empfindlichkeit des Instrumentes auf einen beliebigen Grad gebracht werden, wobei gleichzeitig die Bussole sich mehr und mehr dem aperiodischen Zustande näherte. Indessen arbeitete ich meist mit einer mittleren Empfindlichkeit, um nicht durch zu langsames Schwingen der Magneten aufgehalten zu werden; die Ausschläge traten nun schneller und energischer auf und waren somit gleichzeitig deutlicher, trotzdem die Ablenkungen nur eine mittlere Grösse besassen. Die Ablesung geschah mittelst eines Meyerstein'schen Fernrohrs, dessen einfach weisse Scala von 0 bis 1000 getheilt ist, so dass der Nullpunkt, auf den oder dem nahe der Spiegel der Bussole eingestellt wurde, bei dem Scalentheile 500 liegt. Zur Ableitung des Herzstromes wurden Du Bois-Reymond'sche Thonstiefelelectroden benutzt. Das Präparat nebst den Electroden befand sich bei allen Versuchen in der feuchten Kammer.

Die Versuche wurden nun so angestellt, dass zunächst die Umdrehungszeit des Rheotoms, sowie die Dauer der Ableitungszeit bestimmt wurde. Letzteres geschah, indem die Thonstiefelelectroden zur Berührung gebracht wurden und ein Stromzweig von dem Kreise des compensirenden Elements hindurchgeschickt wurde, der beim Eintauchen der Spitzen in die Quecksilber-Gefässe eine Ablenkung des Spiegels hervorbrachte. Um den Zeitpunkt der Schliessung

zu bestimmen, wurde die Reizungsvorrichtung mit der auf dem Drahte festgeklemmten Reizspitze mittelst der Mikrometerschraube vorgerückt, bis die Ablenkung eintrat. Der Moment der Oeffnung konnte mit hinreichender Genauigkeit durch langsame Verschiebung mit freier Hand bestimmt werden, da das Abreissen des Quecksilberfadens deutlich zu sehen ist. Der kleine Fehler, der durch das Fortreissen des Quecksilbers bei schneller Rotation entsteht, ist bei unserer langen Ableitungs- und Umdrehungszeit zu vernachlässigen.

Es wurde nun in der oben angegebenen Weise das Präparat hergestellt und zwar wurde ausschliesslich die „Herzspitze" verwendet; sodann wurden die auf ihre Unpolarisirbarkeit geprüften Electroden angelegt. Meist wurde von der Spitze und dem Querschnitt abgeleitet. Die abgeleiteten Flächen wurden dabei möglichst klein gewählt, und es wurde Sorge getragen, dass die den Querschnitt ableitende Electrode keine Punkte der äusseren Herzoberfläche berührte. Zugleich sollte eine Verschiebung des Präparates bei der Contraction möglichst vermieden werden und dies geschah in einigen Fällen dadurch, dass das Herz in eine Grube aus isolirendem Kitt eingebettet und mit einem durch umgebogene Nadeln befestigten Glasplättchen bedeckt wurde, so dass nur die abgeleiteten Parthien frei blieben; in den meisten, besonders in den späteren Versuchen wurde, um die Pressung durch das Glasplättchen zu vermeiden, das Herz mit 4 feinen Nadeln so auf seiner Unterlage festgesteckt, dass mit der Lupe keine Verschiebung der abgeleiteten Flächen gegen die Electroden mehr wahrgenommen werden konnte. Dabei war der Herzmuskel leicht gespannt und dadurch in seiner Form ein wenig verändert, indessen konnte dieser Umstand, da er während des Versuchs constant blieb, auf den Verlauf der Schwankung nicht von Einfluss sein. Es wurde nun, nachdem das Präparat mit der feuchten Kammer bedeckt war, der Herzstrom genau compensirt und seine Richtung bestimmt. Dann wurde meist eine viertel bis halbe Stunde gewartet, bis nach Anfangs schnellem Sinken der Herzstrom einigermassen constant geworden war und nun, indem fortwährend genau compensirt wurde, mit dem Versuche begonnen. Vor jeder Reizung wurde von Neuem compensirt. Zur Reizung wurde ein Strom von jedesmal zu ermittelnder Stärke verwendet. Die Intensität desselben war jedesmal etwas grösser als die minimale Reizstärke, die über-

haupt noch eine Contraction auslöste. So wurde eine möglichste Localisation der Reizung erzielt. Zugleich waren die Ableitungsstellen von dem jeder zunächst gelegenen Reizelectrodenpaar nur um eine sehr kleine Strecke, höchstens 1 mm., entfernt. Der Abstand des andern Ableitungspunktes war natürlich von der Grösse des Präparates abhängig. Stets wurde der Abstand der Ableitungspunkte von einander möglichst gross gewählt. Er betrug 5 bis 7 mm. Am Schluss jedes Versuchs wurde der Abstand der Reizpunkte von den Ableitungsstellen gemessen. Ueberdies wurde während jedes Versuchs die Zimmertemperatur notirt.

3. Verlauf der Schwankung.

Rückt man den Schieber des Rheotoms, vom Nullpunkt, d. h. dem Skalentheil, der der Oeffnung der Ableitungszeit entspricht, ausgehend, weiter, so dass immer grössere Zeiten zwischen Reizung und Oeffnung der Ableitungszeit liegen, so gelangt man bald an eine Stellung, bei der deutliche Ablenkungen der Bussole anfangen. Dies ist der Fall bei einem Abstand vom Nullpunkt der Rheotomscala, der einer Zeit von 1 bis 4 Hundertstel Secunde entspricht. Geht man mit dem Schieber in derselben Richtung weiter, so treten zunächst immer grössere Ablenkungen auf, die relativ bald ein Maximum erreichen. Weiterhin nehmen sie allmählich ab, um früher oder später gänzlich zu verschwinden, resp. in sehr kleine Ablenkungen von constanter Grösse überzugehen, die einer „Nachwirkung“ der Schwankung entsprechen. Es kommt zuweilen vor, dass noch Ablenkungen eintreten, wenn man mit dem Schieber wieder am Nullpunkte angelangt ist, oder sogar über diesen hinaus, so dass selbst der Fall eintritt, dass man gleich nach der Reizung eine Ablenkung beobachtet, die nach einer Umdrehung von einer zweiten kleineren Ablenkung gefolgt ist. Hier entspricht die erste Ablenkung dem Anfang, die zweite dem Ende der Schwankung, resp. der Nachwirkung. Wollte man dies Vorkommniss vermeiden, so müsste man die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rheotoms noch mehr verlangsamen, so dass die ganze Dauer der Schwankung kleiner ist, als die einer Umdrehung; dies ist jedoch wegen anderweitiger Uebelstände nicht rathsam. Auch gewöhnt man sich bald, zu beurtheilen, ob eine Ablenkung gleich nach der Reizung oder erst nach einer Umdrehung eintritt. Dergleichen späte Ablenkungen sind in den Versuchen besonders bezeichnet.

Bei den meisten Versuchen, die man in der oben angegebenen Weise anstellt, erhält man nun keine einfache, sondern eine Doppelschwankung. Schickt man z. B., während man von Spitze und Querschnitt des Präparates ableitet, den reizenden Inductionsschlag durch die Spitze des Präparats, so erhält man, wenn man dem Schieber eine Stellung gibt, für welche man den Anfang der Schwankung erwarten kann, zunächst Ablenkungen, die einem aufsteigenden Strome entsprechen würden. Diese Ausschläge erreichen beim Weiterrücken des Schiebers bald ein Maximum, nehmen dann ab und gehen, oft ziemlich plötzlich, endlich in entgegengesetzte Ablenkungen über, die also einem absteigenden Strome entsprechen würden. Als Beispiele für einen derartigen Verlauf mögen Versuch XVI und XVII dienen. Bei Versuch XVII tritt der Umschlag ein zwischen Schieberstellung 94 und 90; bei Vers. XVI ist die Stelle weniger genau bestimmt. Sie liegt zwischen Schieberstellung 70 und 48. In derselben Weise, nur in umgekehrter Reihenfolge, kommt die Schwankung zur Beobachtung, wenn die Reizstelle bei übrigens gleicher Anordnung an der Basis des Präparates liegt. Man erhält hier zunächst Ablenkungen im Sinne eines absteigenden, dann solche im Sinne eines aufsteigenden Stromes. Meist wurden die Ausschläge indessen, wenn man an demselben Präparat erst an der Spitze, dann an der Basis oder umgekehrt gereizt hatte, schliesslich so klein, dass sie keine genaue Beobachtung des Verlaufs der Schwankung mehr zuliessen; überdies konnte sich durch allmählich eintretende Verzögerung dieser Verlauf inzwischen etwas geändert haben. Der Versuch wurde daher jetzt so vorgenommen, dass bei einer und derselben Stellung des Schiebers rasch hintereinander an beiden Enden des Präparates gereizt wurde, was mit Hülfe der oben erwähnten Wippe geschehen konnte. Es folgten hier die entgegengesetzten Ausschläge unmittelbar aufeinander und zeigten meist, da sie bei demselben Zustande des Präparates zur Beobachtung kamen, fast genau gleiche Grösse. Bei weiterem Herumgehen mit dem Schieber, wobei stets für jede Stellung desselben nacheinander von beiden Punkten aus gereizt wurde, gingen sie in die jedesmal entgegengesetzten Ausschläge über. (S. Versuch XXIII, XXVI, XXVII, XXIX, XXXI.) Bei einigen Versuchen blieb indessen die nachfolgende Schwankung aus, und zwar war dies vorwiegend bei Reizung von der Spitze des Präparates aus der Fall (S. Vers. XXIII, XXVI, XXVII);

während einige Versuche (S. XXIX, XXXI) alle 4 Schwankungen, also zwei Paar Doppelschwankungen mit vollkommener Regelmässigkeit zeigen.

4. Schlussfolgerungen und Erläuterungen.

Die Versuche zeigen, dass die Ablenkungen erst eine merkliche Zeit nach der Reizung anfangen, deutlich zu werden. Diese Zeit wird abhängig sein erstens von dem wirklichen Beginn der Schwankung, zweitens aber von der Intensität derselben. Die letztere Abhängigkeit ist insofern klar, als eine Schwankung von geringerer Intensität erst nach längerer Einwirkung die Bussole beeinflussen wird, als eine solche von grosser Intensität, wenn beide zu gleicher Zeit anheben. Die Versuche bestätigen im Ganzen dieses Verhalten, dass nämlich das scheinbare Latenzstadium der Schwankung um so grösser ist, je geringer die Intensität derselben. Doch ist hier gleich zu bemerken, dass ein absolutes Maass für die Intensität der Schwankung sich nicht ermitteln lässt, da die Rheotomversuche ja keine Ordinaten der Schwankungscurve, sondern die Integrale für kleine Strecken derselben angeben. Ob nun wirklich ein Stadium der Latenz vorhanden ist, möchte ich nach den vorliegenden Versuchen nicht entscheiden; es spricht dagegen die sehr verschiedene Dauer der Latenzwerthe, aus der man schliessen könnte, dass auch bei den geringsten Werthen ein allmähliches Anwachsen vom Zeitpunkt der Reizung an vorliegt, das erst bei einer gewissen Intensität, resp. nach einer gewissen Dauer auf die Bussole zu wirken vermag.

Aus der Art, wie die beobachteten Ausschläge sich einander anschliessen, ergiebt sich, dass die Schwankung einen continuirlichen Verlauf nimmt. Hieraus ist nun unmittelbar zu schliessen, dass die Contraction selbst einfacher und nicht etwa tetanischer Natur ist. Denn wäre die Contraction ein Tetanus, so müsste die Curve der Schwankung eine discontinuirliche sein und man würde dann bei hinreichend kurzer Dauer der Ableitungszeit Ablenkungen erhalten, die beständig zwischen sehr verschiedenen Werthen wechselten. Nach Analogie mit der tetanischen Erregung quergestreifter Muskeln könnte man auch hier an etwa 19 Erregungen in der Secunde denken, denen ebensoviele Reizwellen entsprechen würden. Sonach würde eine Ableitungszeit von weniger als $^1/_{19}$ Secunde voraussichtlich bereits eine discontinuirliche Curve ergeben. Die

Versuche ergaben indessen selbst bei 0,01" Ableitungsdauer eine continuirliche Curve. Die Ableitungszeit noch mehr zu verkürzen, ist nicht gut möglich, weil dann die Bussolenablenkungen allzu klein und undeutlich werden. Es wurden nun freilich in den Versuchen die Reizschläge direkt den Muskelfasern zugeführt, während ja im Leben die Erregungen von den Nervencentren ausgehen; indessen ist der Ablauf der Contraction in beiden Fällen nicht sehr verschieden, jedenfalls stets ein sehr langsamer; überdies ergaben Versuche[1]), bei denen das Atrium direkt gereizt wurde, bei Ableitung vom Ventrikel, dem die Erregung nun in der That durch Vermittlung von Nervenelementen zugeführt wurde, eine ganz analoge Schwankungscurve. Es erscheint demnach unstatthaft, in der Contraction des Herzmuskels einen discontinuirlichen Vorgang, analog dem Tetanus anderer Muskeln anzunehmen. Es ist vielmehr zu schliessen, dass eine einfache, sehr verlängerte Contraction hier vorliegt, wie sie in ähnlicher Weise bei den glatten Muskeln vorkommt. Wenn es erlaubt ist, nach einigen an Herzspitzen von Hunden und Kaninchen angestellten Versuchen, diese Verhältnisse auf Warmblüter zu übertragen, so taucht hier von selbst die Frage auf, wie eine einfache Contraction eines freilich sehr zusammengesetzten Muskels einen Muskelton erzeugen könne, der doch einen wesentlichen Bestandtheil des ersten Herztones bilden soll[2]).

Weshalb die Schwankung bald als einfache, bald als doppelte Schwankung bei scheinbar genau derselben Ableitungs- und Reizungsart zur Beobachtung kommt, vermag ich bis jetzt nicht vollständig zu erklären. Jedenfalls ist das Auftreten der Doppelschwankung als Regel, das der Einzelschwankung als Ausnahme zu bezeichnen. In diesen Fällen ist die zweite Schwankung durch irgend welche Verhältnisse verhindert worden zur Erscheinung zu kommen, indem sie vielleicht durch die beobachtete Schwankung verdeckt wurde, weil diese stärker war, als die andere und zeitlich zu nahe mit ihr zusammenfiel, um sich deutlich sondern zu können. Freilich lässt sich an dem Verlauf der beobachteten einfachen Schwankung nicht immer erkennen, dass sie eine zweite,

---

1) Auf diese Versuche kann ich, da sie zu anderen Zwecken angestellt wurden, hier nicht näher eingehen.

2) S. Ludwig und Dogiel. Ein neuer Versuch über den ersten Herzton. Arbeiten aus der physiol. Anst. zu Leipzig. 1868.

entgegengesetzte gewissermassen latent enthält, wie es doch theoretisch gefordert werden müsste. Indessen ist dies vielleicht bei den kleinen Ausschlägen, die uns bei diesen Versuchen zu Gebote stehen, zu viel verlangt. Das Häufigkeitsverhältniss stellt sich so, dass unter 25 Versuchen nur 9 eine einfache Schwankung ergaben. Bei 7 von diesen letzteren Versuchen hatte die Reizung an der Spitze stattgefunden (s. u.).

Die Richtung der nach der Reizung auftretenden Ablenkungen war stets so, dass sie einer von dem Reizpunkte ausgehenden Welle von negativer Spannung entsprach; wurde also an der Spitze gereizt, so trat erst eine Ablenkung im Sinne eines aufsteigenden, dann eine solche im Sinne eines absteigenden Stromes ein; bei Reizung an der Basis war die Reihenfolge die umgekehrte. Wir hatten nun vermittelst der an die Spitze des Präparates angelegten Electrode eine gewisse Anzahl Fasern vom natürlichen Längsschnitt abgeleitet, anderseits waren am Querschnitt eine Anzahl Fasern von ihrem künstlichen Querschnitt, sicher indessen gleichzeitig eine Anzahl von andern Fasern vom natürlichen Längsschnitt abgeleitet. Denn einmal berührte zuweilen die dem Querschnitt angelegte Electrode einen Theil der Innenfläche des Herzens, ferner aber stand sie stets durch Flüssigkeit oder directe Berührung von Seiten der Thonspitze mit der Oberfläche der Muskelbälkchen in Contact, die die Ventrikelwand ausmachen. Hier waren also zugleich Fasern vom Längsschnitt und andere vom Querschnitt abgeleitet. Man kann sich nun vorstellen, dass nach der Reizung an der Spitze zunächst in allen dort abgeleiteten Längsschnittpunkten sich die vorhandene positive Spannung zu vermindern beginnt; dieser Vorgang documentirt sich in seiner Gesammtwirkung als negative Schwankung des Herzstroms. Schreitet nun die hier erzeugte Reizwelle auf den zahllosen Bahnen, als die wir wahrscheinlich die Verbindungen der Muskelelemente und diese selbst betrachten können, weiter, so gelangt sie schliesslich auch zu den am Querschnitt des Präparats abgeleiteten Längsschnittpunkten von Fasern. Sie wird hier auf den verschiedensten Bahnen anlangen und demzufolge durchaus nicht ganz gleichzeitig in alle abgeleiteten Längsschnittpunkte eintreten. Es befindet sich schliesslich jedenfalls eine Anzahl derselben im Zustande negativer Spannung und alle diese Einzelwirkungen addiren sich zu der vorher bestehenden Gesammtspannung im Sinne einer positiven

Schwankung des Herzstromes. Das Gesammtverhalten gleicht also vollständig dem einer quergestreiften von zwei Längsschnittpunkten abgeleiteten Muskelfaser. Das oben angegebene häufigere Ausbleiben der zweiten Schwankung bei Reizung an der Spitze könnte man dahin deuten, dass sich vielleicht die Reizwelle weniger vollkommen in aufsteigender als in absteigender Richtung fortpflanzt. Dass es für die Beobachtung der Doppelschwankung günstig sein muss, wenn man an zwei von einander möglichst entfernten Punkten des Präparats und mit einer Electrode möglichst nahe dem Reizpunkte ableitet, liegt auf der Hand.

Von den im Ventrikel vorhandenen Nervenfasern habe ich bei obiger Betrachtung gänzlich abgesehen. Wir besitzen kein Mittel, dieselben, wie beim quergestreiften Muskel durch Curare, unschädlich zu machen, ohne gleichzeitig die Muskulatur selbst zu afficiren. Es kann jedoch der Einfluss der Nervenfasern nicht sehr gross sein, da sie nur den Eintritt der Schwankung beschleunigen könnten und allein bei Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizwelle in Betracht zu ziehen wären.

Es mögen hier noch einige Bemerkungen über das zeitliche Verhältniss der Reizwelle und Contractionswelle am Herzmuskel Platz finden. Bereits oben wurde gesagt, dass die bei Reizung des Ventrikels auftretenden Doppelschwankungen nicht isolirt erhalten werden, sondern sich stets theilweise decken. Nur wenn das Präparat eine solche Länge besässe, dass die Schwankung am einen Ende desselben vollständig abgelaufen wäre, ehe sie am anderen Ende auftritt, könnten beide Schwankungen vollständig für sich beobachtet werden. Da nun die Curve, die man aus den erhaltenen Ausschlägen construiren kann, zwar stets zwei entgegengesetzte Maxima und einen dazwischenliegenden Indifferenzpunkt enthält, indessen aus zwei Curven resultirt, deren wahre Länge und deren wahres Maximum man nicht kennt, so ist es auch nicht möglich, etwas bestimmtes darüber zu sagen, wann das Maximum erreicht und zu welcher Zeit die ganze Schwankung beendet ist. Man kann zu solchen Bestimmungen noch eher einfache Schwankungscurven benutzen, wie man sie aus manchen Versuchen erhält, jedoch mit dem Vorbehalt, dass sie, wie schon oben gesagt, wahrscheinlich ebenfalls eine zweite Curve latent enthalten. Eine solche Schwankung zeigt z. B. der Versuch IV. Hier beginnt die beobachtete Schwankung 0,039″ nach der Reizung, das Maximum liegt

0,129" hinter dem Beginn der Schwankung, die Gesammtlänge beträgt 1,41". Aehnliche Werthe ergeben andere Versuche. Die Dauer der Einzelschwankung beträgt danach meist mehr als 1", wohl immer mehr als 0,5". (S. Vers. XXIII, XXV, XXVI, XXVII.) Aus diesen annähernden Zahlen ist jedenfalls mit Bestimmtheit zu schliessen, dass 1) die Reizwelle der Contractionswelle voraufgeht, da die Schwankung schon mindestens 0,01 bis 0,04", die Contraction erst 0,11 bis 0,33" nach der Reizung anhebt, 2) dass die Schwankung über den Beginn der Contraction hinaus andauert, wenn auch ihr Maximum noch vor Beginn der Contraction erreicht werden mag.

Am Schlusse meiner Arbeit möchte ich Herrn Prof. Bernstein für seinen freundlichst ertheilten Rath meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Versuche.

Alle Versuche sind an frischgefangenen Exemplaren von Rana esc. angestellt. Bei Versuch IV, V, XII, wurde die Wiedemann'sche, bei den übrigen die Meyerstein'sche Bussole benutzt.

Erklärung der gebrauchten Abkürzungen:

Ri = Reizstärke, in mm. Abstand der Inductionsrollen mit 1 Daniell.
Rs = Reizung an der Spitze des Ventrikels.
Rb = Reizung an der Basis des Ventrikels.
S = Richtung des Herzstroms.
C = Compensatorlänge in mm. des Rheochorddrahts, wo nöthig mit Widerständen des Rheostaten in Siemens'schen Einheiten (= SE); dazu 1 Daniell.
Sch_1 = Stellung des Schiebers bei Schliessung des ableitenden Kreises.
Sch_2 = Stellung desselben bei Oeffnung des ableitenden Kreises.
U = Zeit einer Umdrehung des Rheotomrades.
Abl = Ableitungsart.
SQ = von Spitze und Querschnitt.
A ↑ = Ablenkung im Sinne eines aufsteigenden Stroms.
A ↓ = " " " " absteigenden "
PW = Polwechsel des Reizungsstroms.

Erste Reihe.

IV. Ri = 60 mm.
S = ↓
C = 180 mm. im Anfang.
Sch_1 = 98,8.
Sch_2 = 6,6.
6 U = 9″.
Abl. = SQ.
Rs.

Sch.	A.	Sch.	A.
5	0	80	↑ 4
4	↑ 1	23	↑ 6
3	↑ 1	15	↑ 3
2	↑ 3	10	0
1	↑ 6	6	0
0	↑ 7,5	5	0
98	↑ 8	0	↑ 5
96	↑ 12		
94	↑ 9		
90	↑ 7		
80	↑ 7		
70	↑ 6		
60	↑ 4		
45	↑ 5		
40	↑ 5		
35	↑ 5		

C = 60 mm. am Ende des Versuchs.

V. Ri = 45 mm.
Si = ↓
C = 68 mm.
Sch_1 = 2.
Sch_2 = 5,4.
14 U = 20″.
Abl = SQ.
Rs.
Temp. = 20,5° C.

Sch.	A.	Sch.	A.
5	0	70	↓ 4
4	↑ 1	64	↓ 5
3	↑ 2	60	↓ 6
2	↑ 6	47	↓ 7
0	↑ 9,5	40	↓ 5
98	↑ 8	35	↓ 3
94	↑ 2	30	0
90	↑ 0,5	20	0
85	1	10	0
82	↓ 1,5	2	↑ 3,5
81	↓ 1,5	99	↑ 8
79	↓ 2,5	76	↓ 4
78	↓ 3	0	↑ 7,5
75	↓ 2,7	PW	↑ 7
73	↓ 3		

XII Ri = 40 mm. Während des Versuchs auf 25 mm. verstärkt.
S = ↑
C = 20 mm. im Anfang.
Sch_1 = 99.
Sch_2 = 4,6.
7 U = 10″.
Abl = SQ.
Temp. = 23,7° C.
Herz in Kittgrube gebettet, mit Glasplättchen bedeckt s. o.

1) Rs		2) Rb.	
Sch.	A.	Sch.	A.
2	↑ 1	5	0
0	↑ 2	0	0
98	↑ 3,5	90	?
96	↑ 1,5	85	↑ 3
94	↑ 1,5	75	↑ 5
90	↑ 1	60	↑ 2
75	↑ 3	45	0
70	↑ 6	25	0
60	↑ 6	15	0
48	↑ 6	5	0
40	↑ 1	98	↓ 4
30	↑ 1,5	96	↓ 1,5
20	0	95	0
10	0	90	0
5	0	80	↑ 3
70	↑ 5		

XIV. Ri = 45 mm. Bei jeder Ablesung wurden 3 Reize summirt.
S = ↓.
C = 1055 mm., 10 SE.
Sch_1 = 99,9.
Sch_2 = 4,9.
7 U = 10″.
Abl = SQ.
Temp. = 23,5° C.
Fixation wie bei XII.
Rb

Sch	A.	Sch.	A.
5	0	60	↑ 25
0	↓ 1,2	45	↑ 2,5
98	↓ 2	35	↑ 1,5
95	↑ 4	20	↑ 0,
90	↑ 9	4	0
80	↑ 4		
70	↑ 5		

XVI.
Ri = 70 mm. Zuweilen Summation von Reizen.
S = ↓
C = 1000 mm. 10SE. Anfangs.
Sch_1 = 0.
Sch_2 = 4,6.
7 U = 10″.
Abl = SQ.
Temp. = 19,4° C.
Fixation wie oben.
Rs.

Sch.	A.	Sch.	A.
5	↑ 0,5n.[1]	48	↓ 2.5, 3Reize summirt.
4	↑ n.	45	↓ 2, 2 Reize.
0	↑ 2gl[2]	45	↓ 3,5, 3 Reize.
PW	↑ 3,5	40	↓ 1, 1 Reiz.
98	↑ 3	35	↓ 1
95	↑ 2,5	25	↓ 1,5.
90	↑ 1,5	15	0
85	↑ 2,5	7	0
80	↑ 1,5		
70	↑ 1,5		
48	↓ 0,5		

XVII.
Rana esc. s. 5 Monaten gefang.
Ri = 60 mm. Während d. Versuchs auf 50 mm. verstärkt.
S = ↓
C = 1000 mm. 10 SE Anfangs.
Sch_1 = 99,5.
Sch_2 = 4,9.
4 U = 6″.
Abl = SQ.
Temp. = 20° C.
Fixation wie oben.
Rs.

Sch.	A.
0	↑ 1,5
1	↑ 1
97	↑ 6
Herz stromlos.	
40	↓ 3,5
Herzstrom ↑ nimmt zu	
30	↓ 3
20	↓ 1
10	↕ 0,5
97	↑ 5
3	0
2	↑ 0,5
1	↑ 1

Sch.	A.
0	↑ 1,7
40	↓ 4
50	↓ 2,5
65	↓ 1
80	↓ 1
90	↕ 2
94	↑ 1,5
97	↑ 3
PW	↑ 4

Herzstrom nimmt ab
C = 25 mm.
zu Ende des Versuchs.

Zweite Reihe.

XXIII. Ri = 30 mm. Anfangs.
S = ↓
Sch_1 = 2,8.
Sch_2 = 6,6.
9 U = 10″.
Abl = SQ.
Temp. = 21,5° C.
Fixation durch Nadeln.

Zeit	Reizort	Sch.	A.	C,8SE	Ri
				mm.	mm.
4h 30′	Rb	7	0	345	30
		0	↓ 3	220	
		PW	↓ 2,5	205	
		4	↓ 0,2	185	
		2,5	↓ 0,7	162	
	Rs	2,5	↑ 1,2	162	50
		0	↑ 2,5		
4h 47′		PW	↑ 3		
		90	↑ 1,7		
	Rb	90	↑ 1,5	160	40
		0	↓ 1	160	
		80	↕ 1,2		
	Rs	80	↑ 1	153	50
		62	↑ 1		
		50	↑ 1		
		40	↑ 1,2		
		30	↑ 1,2	153	
		20	↑ 1,5		
5h 20′		10	↑ 0,7	150	

XXV. Ri = 45 mm.
S = ↓
Sch_1 = 2,3.
Sch_2 = 6,9.
9 U = 10″.
Abl = SQ.
Fixation wie XXIII.
Rs.

Sch.	A.	C,8SE	
5	↑ 0,5	540 mm.	
0	↑ 3,5	308	
4	↑ 0,5	225	
5,5	↑ 0,2	185	Anfang d. Schwankung.
6	0	160	
98	↑ 3	157	
90	↑ 1,2		
99	↑ 5,5	97	
72	↑ 2,5		
50	↑ 2,2		
37	0	91	
30	0		
20	0		

1) n bedeutet: Ablenkung tritt erst nach einer Umdrehung ein.

2) gl. bedeutet: Ablenkung tritt sofort ein.

XXVI.

Ri = 50 mm.
S = ↑ (!)
Sch_1 = 2,2.
Sch_2 = 6,5.
8 U = 11″.
Abl = SQ.
Temp = 18°C.
Fixat wie oben.

Reizort.	Sch.	A.	C,88E.	
Rb	0	↓ 4	136	12h 30′
Rs	0	↑ 4	136	
	PW	↑ 4		
Rb	50	↑ 1	102	
Rs	50	↑ 1	91	
—	40	↑ 0,7	91	
Rb	40	↑ 0,5	65	
	30	0	60	
Rs	30	↑ 0,5	60	
	20	0	60	
Rb	20	0	58	
—	4	↓ 1	58	
Rs	4	↑ 1	53	
	5	↑ 0,5	3 Reize.	
			Anf. d. Sch.	
Rb	5	↓ 0,5	3 Reize.	
Rs	90	↑ 1	47	
Rb	90	↓ 1		1h 5′.

XXVII

S = ↓
Sch_1 = 0,35.
Sch_2 = 4,65.
7 U = 9″.
Abl = SQ.
Temp. = 17,8° C.
Fixat wie oben.

Zeit.	Reizort.	Sch.	A.	C,8SE.	Ri.
11h9′	Rb	0	↓ 5	190	55mm.
20′	Rs	0	↑ 4,2	150	65
	Rb	4	0	130	60
		3	0	115	
		1	↓ 1	95	
35′	Rs	1	↑ 1	95	62
		2	0		
		50	↑ 1		
	Rb	50	↑ 1		59
		40	↑ 0,2		
		40	↑ 0,7		2 Reize.
	Rs	40	0	95	64
		30	0		
		35	0		
12h	Rb	90	↑ 1	80	58
		95	↓ 2,5		
		93	↑ 1		
		94	↓ 1,2	62	Wechsel
		93,5	↑ 1		der
		96	↓ 4		Schwan-
		PW	↓ 4,5	48	kung.
	Rs	98	↑ 3		64

XXIX. S = ↓

Sch_1 = 0,4.
Sch_2 = 4,5.
15 Ü = 20″.
Abl = SQ.
Temp. = 21°C.
Fixat. wie oben.

Zeit.	Reiz.	Sch.	A.	C, 8SE	Ri.
10h57′				783mm.	69mm.
11h2′	Rb	1	↓ 3	540	
7′	Rs	1	↑ 1	230	80
		PW	↑ 1	210	75
17′		0	↑ 4,5		72
21′		98	↑ 5		
25′	Rb	98	↓ 3	170	66
28′		70	0	158	
32′		80	↑ 0,5	156	
35′		90	↑ 1	145	
40′		96	↓ 2		
		98	↑ 1	129	
50′	Rs	80	↑ 1,5	84	73 3 R.
53′		70	↓ 1,5	80	3Reize.
		3	↑ 0,5	75	3Reize.

XXX. S = ↓

Sch_1 = 0,7
Sch_2 = 5,4.
40 Ü = 50″.
Abl = SQ.
Temp. = 22,8° C.
Fixat. wie oben.

Zeit	Reiz.	Sch.	A.	C, 8SE	Ri.
11h56′	Rs	75	↑ 3	330mm.	70mm.
		60	↑ 2		
		45	↑ 1,5	306	
		30	↑ 2		
		10	↑ 1,5		
		3	0	260	67
		2	↑ 0,5		
		98	↑ 4		
12h10′	Rb	98	↓ 3	200	63
		PW	↓ 3		
		85	↓ 0,7	160	55
12h25′		90	↓ 1		Aus-
		70	↓	60	schläge
		50	↓		sehr
30′		30	↓		klein.

XXXI.

S = ↓
Sch_1 = 0,4.
Sch_2 = 5,6.
15 U = 20″.
Abl = SQ.
Temp. = 22,2° C.
Fixat. s. o.

Zeit.	Reizort.	Sch.	A.	C.	Ri.
11h23′	Rb	0	↓ 5	25	78
	Rs	0	↑ 4,5		67
		70	↓ 0,5	0	70
		80	↓ 0,5	0	68
		90	↑ 0,5	0	
				Strom ↑	
		40	↓ 1	10	
		50	↓ 1		
	Rb	50	↓ 1	20	70
		30	↑ 2,5		
12h27′		5	0	80	67
		2,5	↓		Erster deutlicher Ausschlag.

Ueber die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf den Muskel.

Von

Dr. Fr. Fuchs,
Privatdocent in Bonn.

Die Gleichungen, welche Clausius für elastische Stäbe aufgestellt hat[1]), können ohne Weiteres auf den unerregten Muskel angewendet werden. Da die Umstände, welche hierzu berechtigen, immerhin nicht sofort in die Augen fallen, so dürfte eine Herleitung der speciell für den Muskel geltenden Grössenbeziehungen aus den Grundgleichungen wohl noch einiges Interesse darbieten. Etwas principiell Neues soll hiermit selbstverständlicher Weise nicht gegeben werden. Nur der leicht zu führende Nachweis, dass

1) Die mechanische Wärmetheorie von R. Clausius. Braunschweig 1876. Band, I. S. 197.

die Form der Gleichungen bei Berücksichtigung des Atmosphärendruckes ungeändert bleibt, dürfte eine kleine Ergänzung des Vorhandenen bilden, welche als *δοσις ὀλιγη τε φιλη τε* hingenommen werde.

Auf den erregten Muskel lassen sich die Gleichungen nur unter einer Voraussetzung anwenden, über deren Berechtigung die Zukunft entscheiden muss. Vorläufig kann nur die Möglichkeit einer Entstehung der Muskelarbeit aus Wärme ohne gleichzeitigen Wärmeübergang dargethan werden.

In diesem und dem folgenden Aufsatze habe ich mir zum Theil zur Vermeidung von Umschreibungen zum Theil aber auch zur Verhütung von irreleitenden Ideenverbindungen einige Abweichungen von der üblichen Terminologie erlaubt, ohne dass ich mir übrigens gestattete, die Annahme derselben zu empfehlen.

I. Der unerregte Muskel.

Die von Clausius entwickelten Gleichungen[1])

$$\text{I} \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right) = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right)$$

$$\text{II} \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right) = \frac{1}{T}\left[\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right)_x\right]$$

$$\text{III} \quad \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right)_x = T\left[\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right)\right]$$

gelten für einen jeden Körper, dessen Zustand durch zwei unabhängig veränderliche Grössen x, y dauernd bestimmt ist.

In der Gesammtheit beziehen sich die Gleichungen lediglich auf umkehrbare Zustandsänderungen. T bedeutet in ihnen die absolute Temperatur, Q die dem Körper mitgetheilte oder entzogene Wärme, in mechanischen Einheiten gemessen, W. die äussere Arbeit, wobei eine zugeführte Wärmemenge sowie eine gegen die Schwere gethane Arbeit positiv gerechnet werden. Wird das Kilogrammmeter als Arbeitseinheit angenommen, so ist die Wärmeeinheit $\frac{1}{425}$tel derjenigen Wärmemenge, durch welche die Temperatur von einem Kilogramm Wasser von Null auf einen Grad Celsius erhöht wird.

---

1) Ebd. S. 119. Durch den unten rechts von den Klammern stehenden Buchstaben wird, der älteren Schreibweise von Clausius entsprechend, die Variable bezeichnet, welche bei der Bildung des in den Klammern stehenden Ausdruckes als constant angenommen wurde.

Es möge noch daran erinnert werden, dass die Ausdrücke $\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_y$ und $\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right)_x$ bestimmte, dem betrachteten Körper eigenthümliche Functionen von x und y sind, während die bei einer endlichen Zustandsänderung geleistete Arbeit (W) selbst von einer zwischen x und y festzustellenden Beziehung abhängig ist und nicht als Function der unabhängig Veränderlichen x, y dargestellt werden kann. Eine ähnliche Bemerkung gilt für die Ausdrücke $\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_y$, $\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right)_x$ einer- und für Q anderseits.

Behufs Anwendung der Gleichungen auf den vorliegenden Fall müssen zunächst zwei den Zustand des Muskels bestimmende Variabeln gewählt werden.

Wir denken uns einen Muskel, welcher eine regelmässige cylindrische Form nicht zu besitzen braucht, an dem einen Sehnenende dauernd befestigt und an dem anderen mit einem spannenden Gewichte versehen, dessen Grösse beliebig geändert werden kann. Der nach Massgabe der Belastung und der Temperatur variable Abstand dieser Enden werde die Muskellänge (l) und bei fehlender Belastung die Normallänge (l_0) genannt. Kilogramm und Meter seien als Gewichts- und Längeneinheit gewählt. Der Muskel übt auf die Angriffsstelle der Belastung einen Zug aus, welcher dem von Seiten der letzteren gesetzten Gegenzuge der Grösse nach gleich, der Richtung nach entgegengesetzt ist. Diese Wirkung soll in der Folge, als positive, der Belastung numerisch gleiche Grösse genommen, mit dem Namen des ponderomotorischen oder Lastzuges[1]) bezeichnet werden.

Der ponderomotorische Zug (p) ist offenbar eine Function der Muskellänge und der Temperatur. Dasselbe gilt natürlich auch von der ihn äquilibrirenden Belastung. Der Buchstabe p kann

---

1) Diese Ausdrücke, von denen der erstere der neueren elektrodynamischen Nomenclatur entlehnt ist, dürften hier passender sein als das gewöhnlich gebrauchte Wort Spannung. Mit dem letzteren würde man zweckmässiger den ponderomotorischen Zug der Querschnittseinheit oder auch der einzelnen Muskelfasern bezeichnen können. Nach dieser Bestimmung würde man den Fasern wenigstens, dem eigentlichen Sinne des Wortes entsprechend, bei einer gegebenen molecularen Anordnung immer die gleiche Spannung zuschreiben. Bei Verdopplung des Querschnittes verdoppelt sich cet. par. der ponderomotorische Zug, während die Spannung der Fasern offenbar dieselbe bleibt.

daher zur Bezeichnung beider Grössen dienen; gleichwohl werden wir denselben im Allgemeinen lieber auf den ponderomotorischen Zug als auf die Belastung beziehen, weil der erstere Ausdruck ohne Weiteres an eine durch die Temperatur und jeweilige Länge bestimmte Eigenschaft des Muskels und nicht an eine experimentell zu realisirende Bedingung zu denken veranlasst.

Nennt man also p_0 den zu gewissen Werthen von l und T gehörigen Lastzug, so ist die mit einer positiven oder negativen Langenänderung d l verbundene äussere Arbeit gleich $- p_0 . dl$ Kilogrammmeter, wenn die Hebung eines Gewichtes als positive, die Senkung als negative Arbeit angesehen wird. Hierbei ist jedoch ausdrücklich vorausgesetzt, dass die Längenänderung bei Gleichheit der Belastung mit dem ponderomotorischen Zuge oder, in der Sprechweise von Clausius, auf umkehrbarem Wege vollzogen wird. Es ist ferner angenommen, dass das Gewicht des Muskels der Belastung gegenüber vernachlässigt werden kann.

Wenn man dem Muskel ohne Krümmung der Fasern eine Länge $l < l_0$ ertheilte, so würde er, gewichtslos gedacht, nicht mehr einen Verkürzung erstrebenden Zug sondern einen Verlängerung erstrebenden Druck gegen das bewegliche Ende ausüben. Soll der Ausdruck $- p . dl$ auch für diesen ideellen Fall, der sich übrigens der Betrachtung nur selten darbieten wird, die Arbeitsleistung angeben, so muss der ponderomotorische Druck als negative Grösse aufgefasst werden.

Wir denken uns nun eine Gleichung $f(p, l, T) = 0$ gegeben, welche den Zusammenhang zwischen dem ponderomotorischen Zuge, der Muskellänge und der absoluten Temperatur feststellt. Diese Relation hat für die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf den Muskel eine ähnliche Bedeutung wie die bekannte Beziehung $v . p = R . T$ hinsichtlich ihrer Anwendung auf die permanenten Gase. Aus ihr denken wir die in der Folge vorkommenden partiellen Differentialquotienten $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$, $\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T$, $\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$, sowie deren reciproken Werthe $\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l$, $\left(\frac{\partial l}{\partial p}\right)_T$, $\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p$ abgeleitet.

Der Zustand eines gegebenen unerregten Muskels ist nun durch zwei der unabhängigen Variabeln p, l, T völlig bestimmt. Die Energie, das Volumen, die Länge, der Querschnitt, der ponderomotorische Zug, die Temperatur und überhaupt alles, was zur

Bestimmung seines augenblicklichen Zustandes angeführt werden kann, lässt sich, soweit die genannten Grössen nicht bereits selbst als Variabeln angenommen sind, innerhalb eines mit der chemischen und physikalischen Constitution verträglichen Umfanges der Veränderung als Function von l und T oder von p und T oder endlich von p und l darstellen.

Um nicht gleich eine specielle Wahl treffen zu müssen, nennen wir die Grössen, welche den Zustand des Muskels bestimmen, zunächst x und y. Geht die Veränderliche x in x + dx über, während y constant bleibt, so ist die damit verbundene Arbeitsleistung, sofern vorläufig nur die Hebung und Senkung der Belastung berücksichtigt wird

$$\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_y \partial x = -p\left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y \partial x$$

Also ist

$$\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_y = -p\left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y \text{ und entsprechend}$$

$$\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right)_x = -p\left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x$$

Wird die erste dieser Gleichungen nach y, die zweite nach x differentiirt, so findet man

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) = -p\,\frac{\partial_2 l}{\partial x \partial y} - \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right) = -p\,\frac{\partial_2 l}{\partial y \partial x} - \left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y$$

Unter Berücksichtigung, dass

$$\frac{\partial_2 l}{\partial x \partial y} = \frac{\partial_2 l}{\partial y \partial x}$$

folgt durch Subtraction der Gleichungen

$$1 \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right) = \left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x$$

Die Gleichungen I—III nehmen jetzt durch Einführung der rechten Seite der vorstehenden Relation für den Ausdruck der linken Seite die Formen an

$$\text{I}' \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right) = \left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x$$

$$\text{II}' \text{ (bleibt)} \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right) = \frac{1}{T}\left[\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right)_x\right]$$

$$\text{III}' \quad \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right)_x = T\left[\left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x\right]$$

Bei der Aufstellung der vorstehenden Gleichungen wurde vorausgesetzt, dass die Hebung resp. Senkung der Belastung die einzige mit der Aenderung der Variabeln x, y verbundene Arbeitsleistung sei. In Wirklichkeit lastet aber stets noch der Druck der Athmosphäre auf der Oberfläche des Muskels. Bei Vermehrung oder Verminderung seines Volumens wird daher äussere Arbeit gebildet oder aufgewendet. Es frägt sich, ob die Gleichungen bei Berücksichtigung dieses Umstandes noch gelten. Die folgende Ueberlegung zeigt, dass dieses in der That der Fall ist, sofern man nur, was gewiss statthaft ist, den Athmosphärendruck als constant annimmt.

Nennen wir P den auf der Oberflächeneinheit (Quadratmeter) lastenden Druck in Kilogrammen, nennen wir v das Volumen des Muskels in Cubikmetern, so ist die der Volumenänderung d v entsprechende Arbeit gleich P . dv Kilogrammmeter.

Geht mithin die Variable x in $x + \partial x$ über, während y constant bleibt, so ist die mit der Volumenänderung des Muskels verbundene Arbeit gleich $P . \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)$, während gleichzeitig die mit der Längenänderung verbundene Arbeit der Belastung nach wie vor gleich $- p \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y \partial x$ ist.

Somit ist

$$\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_y = - p \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y + P \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_y$$

und entsprechend ist

$$\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right)_x = - p \left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x + P \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_x$$

Werden diese Ausdrücke jetzt nach der anderen Variabeln differentiirt mit Beachtung, dass P constant ist und p, v, l Functionen von x und y sind, so ergibt sich

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) = - p \frac{\partial_2 l}{\partial x \partial y} - \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x + P \frac{\partial_2 v}{\partial x \partial y}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right) = - p \frac{\partial_2 l}{\partial y \partial x} - \left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y + P \frac{\partial_2 v}{\partial y \partial x}$$

Unter Berücksichtigung, dass

$$\frac{\partial_2 l}{\partial x \partial y} = \frac{\partial_2 l}{\partial y \partial x}$$

$$\frac{\partial_2 v}{\partial x \partial y} = \frac{\partial_2 v}{\partial y \partial x}$$

folgt

$$2 \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial W}{\partial y}\right) = \left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y - \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x$$

Da die Gleichungen 1 und 2 völlig übereinstimmen, so gelten auch die Relationen I′ — III′ sowohl beim Vorhandensein als beim Fehlen des athmosphärischen Druckes. Es ist nur zu beachten, dass die Gleichung $f(p, l, T) = 0$, aus der die partiellen Differentialquotienten zu entnehmen sind, für beide Fälle nicht nothwendig genau dieselbe ist.

Wir wollen jetzt für x und y bestimmte Grössen wählen und dadurch die Gleichungen I′ — III′ in specielle Formen bringen.

Erstens. Die Länge und die absolute Temperatur werden als die den Zustand des Muskels bestimmenden Variabeln angenommen. Wir setzen $x = T$; $y = l$. Alsdann ist

$$\left(\frac{\partial l}{dy}\right)_x = \left(\frac{\partial l}{\partial l}\right)_T = 1; \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l; \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_l = 0$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T; \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_T = 0; \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial T}{\partial T}\right)_l = 1$$

Bei Einsetzung der rechten Seite dieser Beziehungen für die Ausdrücke der linken Seite gestalten sich die Gleichungen I′—III′ folgendermassen:

$$\text{Ia} \quad \frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) - \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right) = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

$$\text{IIa} \quad \frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) - \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right) = -\frac{1}{T}\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T$$

$$\text{IIIa} \quad \left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T = -T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

Durch Addition der nach T differentiirten Gleichung IIIa zu Ia erhält man noch die Relation

$$\text{IVa} \quad \frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) = -T\left(\frac{\partial_2 p}{\partial T^2}\right)_l$$

Zweitens. Es sei $x = T$; $y = p$.

Unter Berücksichtigung, dass alsdann

$$\left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial l}{\partial p}\right)_T; \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_p = 0; \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p;$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial p}{\partial p}\right)_T = 1; \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_T = 0; \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial T}{\partial T}\right)_p = 1$$

nehmen die Gleichungen I′—III′ die folgenden Formen an

$$\text{Ib} \quad \frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) - \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right) = -\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$$

IIb $\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) - \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right) = -\frac{1}{T}\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_T$

IIIb $\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_T = T\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$

Durch Addition der vorher nach T differentiirten Gleichung IIIb zu Ib erhält man noch die Beziehung

IVb $\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right) = T\left(\frac{\partial_2 l}{\partial T^2}\right)_p$

Drittens. Es sei $x = l$; $y = p$.

Alsdann ist

$$\left(\frac{\partial l}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial l}{\partial p}\right)_l = 0; \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_p = 0; \left(\frac{\partial l}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial l}{\partial l}\right)_p = 1$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial p}{\partial p}\right)_l = 1; \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l; \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p$$

Hierdurch gehen die Gleichungen I′—III′ über in

Ic $\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right) - \frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right) = -1$

IIc $\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right) - \frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right) = \frac{1}{T}\left[\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_p - \left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_l\right]$

IIIc $\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_p - \left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p\left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_l = -T$

Beziehung zwischen den beiden Wärmecapacitäten[1]).

Wird die Temperatur des Muskels bei constanter Belastung p um ∂T erhöht, so ändert sich seine Länge um $\partial l = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$.

Die Wärmemenge a, welche erforderlich ist, um die Temperatur des Muskels bei constanter Belastung um ∂T zu erhöhen, ist offenbar gleich einer Wärmemenge α, welche nöthig ist, ihn bei constanter Länge um ∂T zu erwärmen plus einer Wärmemenge β, welche ihm zugeführt werden muss, wenn er bei constanter Temperatur eine Längenänderung $\partial l = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$ erfahren soll.

Dieses letztere Wärmequantum β ist offenbar

$$\beta = \left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T \cdot \partial l = \left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T \cdot \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$$

1) Clausius, Mechanische Wärmetheorie, S. 188.

ein Ausdruck, welcher bei Benutzung der Beziehung

$$\text{IIIa} \qquad \left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T = -T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

übergeht in

$$1)\ \beta = -T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$$

Ferner ist

$$2)\ a = Cp\ \partial T$$

und

$$3)\ \alpha = Cl.\ \partial T.$$

wenn man mit $Cp\left(=\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p\right)$ und $Cl\left(=\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_l\right)$ die in Kilogrammmetern gemessenen Wärmemengen bezeichnet, vermöge deren die Temperatur des Muskels bei constanter Belastung resp. constanter Länge um einen Grad der zur Messung von T verwendeten Scale erhöht wird.

Da nun $a = \alpha + \beta$, so ist

$$Cp\ \partial T = Cl\ \partial T - T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$$

Mithin besteht die Beziehung

$$\text{Va} \qquad Cp - Cl = -T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$$

Da nach einer später zu erwähnenden Relation

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l = -\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$$

so kann man auch schreiben

$$\text{Vb} \qquad Cp - Cl = T\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p^2 \left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T$$

wodurch der Unterschied der genannten Wärmemengen von den Differentialquotienten abhängig erscheint, welche in Beziehung zum Elasticitätsmodulus und dem Ausdehnungs- resp Verkürzungscoefficienten stehen.

Die vollständigen Differentialgleichungen[1]).

Werden l und T als die unabhängigen Variabeln angesehen, so ist die Wärmemenge ∂Q, welche dem Muskel zugeführt werden muss, wenn gleichzleitig l in $l + \partial l$ und T in $T + \partial T$ übergehen soll,

1) Clausius, Mechanische Wärmetheorie, S. 186.

$$\partial Q = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_l \partial T + \left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T \partial l$$

Bei Einführung des Zeichens Cl für $\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_l$ und Benutzung der Gleichung IIIa gestaltet sich diese Beziehung zu

$$\text{VIa} \qquad \partial Q = Cl\,\partial T - T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \partial l$$

worin Cl und $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$ als Functionen von l und T zu betrachten sind.

Werden T und p als unabhängige Veränderliche gewählt, so ist die den gleichzeitigen Incrementen ∂T und ∂p entsprechende Wärmezufuhr

$$\partial Q = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p \partial T + \left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_T \partial p$$

oder $\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p$ = Cp gesetzt und unter Berücksichtigung der Gleichung IIIb

$$\text{VIb} \qquad \partial Q = Cp\,\partial T + T\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial p.$$

Betrachtet man in der vorhergehenden Gleichung

$$\text{VIa} \qquad \partial Q = Cl\,\partial T - T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \partial l$$

die Grössen Cl, T und $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$ als Functionen von l und p und setzt man

$$\partial T = \left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p \partial l + \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l \partial p$$

so erhält man eine vollständige Differentialgleichung, welche p und l als unabhängige Variabeln enthält:

$$\partial Q = \left[Cl\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p - T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l\right] \partial l + Cl\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l \partial p$$

Setzt man hierin noch nach der Beziehung

$$\text{Va} \qquad - T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l = \left(Cp - Cl\right)\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p$$

so erhält man

$$\text{VIc} \qquad \partial Q = Cp\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p \partial l + Cl\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l \partial p$$

Die partiellen Differentialquotienten. Die in den Gleichungen

Ia—VIc vorkommenden Differentialquotienten sind aus der als gegeben vorausgesetzten Relation f, (p, l, T) = 0 abzuleiten. Diese Gleichung wird für alle Muskeln einer bestimmten Thierspecies einen analogen Bau haben, im Uebrigen jedoch eine oder mehrere Constanten enthalten, welche dem speciell gewählten Muskel eigenthümlich sind und insbesondere von seinen Normaldimensionen bei der Belastung Null und einer Temperatur To abhängen. Da man aus der primitiven und einer der abgeleiteten Gleichungen eine beliebige der drei Veränderlichen eliminiren kann, so lässt sich ein jeder der partiellen Differentialquotienten immer ausschliesslich als Function der beiden zur Bestimmung des Zustandes gewählten Variabeln darstellen.

Die sechs Differentialquotienten[1]) sind paarweise einander reciprok:

$$\text{VIIa} \quad \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l = \frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l} \quad ; \quad \left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T = \frac{1}{\left(\frac{\partial l}{\partial p}\right)_T} \quad ; \quad \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p = \frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p}$$

Ausserdem besteht die Beziehung

$$\text{VIIb} \qquad \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l = -\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$$

wovon man sich auf folgendem Wege überzeugen kann.

Wird der Muskel zunächst bei constanter Belastung um ∂T erwärmt, so ändert sich seine Länge um $\partial l = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial l$; wird die Länge alsdann bei constanter Temperatur um $-\partial l = -\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$ geändert, wobei also die ursprüngliche Länge wiederhergestellt wird, so wächst der ponderomotorische Zug um

$$\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T - \partial l = -\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$$

Diese schliessliche Zunahme des ponderomotorischen Zuges ist aber offenbar die gleiche wie wenn der Muskel direct bei constanter Temperatur um ∂T erwärmt würde, in welchem Falle dieselbe durch $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \partial T$ ausgedrückt wird.

Mithin ist

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \partial T = -\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p \partial T$$

1) Clausius, Mechanische Wärmetheorie, S. 185.

woraus durch Forthebung von ∂T die obige Gleichung VIIb folgt.

Da der Muskel sich cet. par. bei zunehmender Belastung verlängert und bei zunehmender Temperatur verkürzt (Schmulewitsch), so ist $\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T$ und $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$ positiv, $\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p$ hingegen negativ. Dasselbe gilt von den reciproken Differentialquotienten. Nach Wundt ist $\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T$ constant, nach Weber jedoch bei wachsendem l merklich zunehmend.

Die adiabatischen oder isentropischen Curven[1]).

Wird in den Gleichungen VIa—VIc ∂Q gleich Null gesetzt, so erhält man die Differentialquotienten der isentropischen Curven, welche sich auf den Fall beziehen, dass der Muskel ohne Zu- oder Abfuhr von Wärme verlängert wird. Es ist

$$\text{VIIIa} \qquad \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_Q = \frac{Cl}{T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l} = \frac{Cl}{T}\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l$$

$$\text{VIIIb} \qquad \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_Q = \frac{Cp}{T\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_p} = -\frac{Cp}{T}\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_Q = -\frac{Cp\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p}{Cl\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l} = -\left(\frac{Cp}{Cl}\right)\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

oder bei Benutzung der Beziehung VIIb

$$\text{VIIIc} \qquad \left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_Q = \frac{Cp}{Cl}\left(\frac{\partial p}{\partial l}\right)_T$$

Da sich die Gleichung VIc in der Form

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_p \partial l + \left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_l \partial p = Cp\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p \cdot \partial l + Cl\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l \partial p$$

schreiben lässt und somit

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_p = Cp\left(\frac{\partial T}{\partial l}\right)_p ; \left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_l = Cl\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_l$$

so ergeben sich mit Anwendung der Gleichungen VIIIb und VIIIa noch die einfachen Beziehungen

1) Clausius, Mechanische Wärmetheorie, S. 195.

$$\text{IX} \qquad \left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_p = -T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_Q$$

$$\text{X} \qquad \left(\frac{\partial Q}{\partial p}\right)_l = T\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_Q$$

Für die Leser von Maxwell's [1]) Theory of heat sei bemerkt, dass die Gleichungen IIIa, IIIb, IX und X den vier thermodynamischen Relationen dieses Autors entsprechen.

II. Der erregte Muskel.

Der Zustand des erregten Muskels ist von vier Grössen abhängig, der Temperatur, der Länge, der Erregungsstärke und der vom Anfange der Erregung an verflossenen Zeit.

Als willkürliches Maass der Erregungsstärke wird man die Grösse $\frac{\partial m}{\partial t}$ betrachten können, wenn mit m das Quantum von Materie bezeichnet wird, welches vom Beginne der Erregung an bis zur Zeit t in chemische Action getreten ist.

Macht man die ideelle Voraussetzung, dass man der Erregungsstärke im concreten Falle einen durchaus festen Werth beilegen könne, welcher also nicht, wie in dem wirklichen Vorgange, zwischen gewissen Gränzen auf- und abschwankt, so bleibt immer noch die Zeit als dritte Variable übrig, da der chemische Process den Muskel von Augenblick zu Augenblick verändert.

Gleichwohl ist deshalb die Anwendbarkeit der mechanischen Wärmetheorie auf den erregten Muskel noch nicht ausgeschlossen.

Denken wir uns nämlich das Quantum von Materie, welches bei einer zu betrachtenden Zustandsänderung z. B. während einer Contraction zerfällt, bereits beim Beginne des Vorganges von der übrigen Masse gesondert, so zerlegen wir hierdurch den Muskel in zwei Körpersysteme.

Der Zustand des ersten Systemes, welches chemisch unverändert bleibt, ist offenbar für die Dauer des gedachten Vorganges durch die jeweilige Muskellänge und die Temperatur bestimmt. Dieses ist bei dem zweiten, dem Systeme der dem chemischen Processe verfallenden Substanzen nicht der Fall.

Die Gleichungen der mechanischen Wärmetheorie gelten nun auch für den erregten Muskel, sofern der ponderomotorische Zug

---

1) Theory of heat by J. Clerk Maxwell. London 1872 p. 168.

dem ersten Systeme angehört oder, mit anderen Worten, sofern die äussere Arbeit bei der Verkürzung durch einen Energieverbrauch des ersten und nicht des zweiten Systemes bestritten wird, wobei dann noch als selbstverständlich vorausgesetzt wird, dass die Masse des zweiten Systemes gegen die des ersten verschwindend klein ist.

Es ist keineswegs nothwendig, dass der genannten Forderung genügt sei. Die Anwendung der Gleichungen wäre z. B., um einen entgegenstehenden Fall zu fingiren, ausgeschlossen, wenn das Wesen der Muskelerregung darin bestände, dass mittels des chemischen Processes gesonderte Localströme entständen, welche eine elektrodynamische Einwirkung auf einander ausübten und dadurch eine Erhöhung des ponderomotorischen Zuges bedingten. Unter diesen Umständen würde die bei der Verkürzung gewonnene Arbeit durch einen Energieconsum im Systeme der zerfallenden Körper gedeckt.

Setzen wir aber jetzt voraus, dass die oben ausgesprochene Bedingung erfüllt sei, so kann man sich etwa folgende Vorstellung von dem Erregungszustande bilden.

Der chemische Process, welcher durch Beseitigung einer Molekularhemmung eingeleitet wird, ist ein für sich bestehender Vorgang, in welchem Wärme auf Kosten verlorener potentieller Energie gebildet wird. Vermöge desselben wird aber nebenbei die eigentliche contractile Substanz, ohne Aenderung ihrer procentischen Zusammensetzung, in einen allotropen Zustand übergeführt, dermassen dass der Zusammenhang zwischen dem ponderomotorischen Zuge, der Muskellänge und der Temperatur jetzt nicht mehr durch die für den unerregten Muskel geltende Gleichung $f(p\ l,\ T) = 0$, sondern durch eine neue Gleichung $F(p,\ l,\ T) = 0$ dargestellt wird.

Der erregte Muskel verhält sich also nach dieser Auffassung wie ein vorgängig gedehntes elastisches Band. Bei einer gegebenen Stärke der Erregung ist demnach der Zustand der gesammten, den ponderomotorischen Zug ausübenden Masse, durch zwei der Grössen p, l, T völlig bestimmt.

Will man diese Vorstellung noch weiter specialisiren, so kann man etwa annehmen, dass die Form der Wärme in der contractilen Substanz beim Eintritt der Erregung eine Aenderung erleide, vermöge deren die Elasticität bei gleichbleibender procentischer Zusammensetzung modificirt erscheinen müsste. Hiernach würde man eine Verschiedenheit im Wärmespectrum des erregten und

unerregten Muskels erwarten können. Vielleicht darf man zur Stütze einer derartigen Meinung daran erinnern, dass die Leuchtorgane der Thiere allem Anscheine nach Licht bei Temperaturen aussenden, bei denen dieses, dem Kirchhoff'schen Satze zu Folge, keine unerregte Substanz zu thun vermag.

Denkt man die aus dem chemischen Processe resultirende Wärmemenge für sich abgeleitet, so gelten also die im ersten Abschnitte angeführten Gleichungen unter der gemachten Voraussetzung für den erregten, wie für den unerregten Muskel, wobei nur zu beachten ist, dass die partiellen Differentialquotienten $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_1$ u. s. w. in den beiden Fällen aus zwei verschiedenen Gleichungen zu nehmen sind.

Die Wärmemenge, welche entsteht oder verschwindet, wenn der erregte Muskel sich bei fortwährender Gleichheit des ponderomotorischen Zuges und der Belastung von einer Länge l_1 bis zu einer Länge l_2 verkürzt, wäre der Gleichung IIIa zu Folge numerisch gleich dem Werthe des Integrales

$$\int_{l_1}^{l_2} T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_1 \partial l$$

worin T wegen der geringen Temperaturänderung als constant und mithin $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_1$ als Function der Länge allein gelten kann. Der Ausdruck ist als Wärmebildung oder als Wärmeconsum zu deuten, je nachdem $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_1$ negativ oder, wie im unerregten Zustande, positiv ist.

III. Die Compensation.

Man kann die contractile Substanz einen Kreisprocess durchlaufen lassen, bei welchem mechanische Arbeit aus Wärme entsteht, ohne dass gleichzeitig ein Wärmeübergang von einem wärmeren zu einem kälteren Körper eintritt. Es ist die Frage, was man unter diesen Umständen als compensirende Verwandlung anzusehen habe.

Es werde angenommen, dass der Muskel mit einem genügend grossen Wärmereservoir von seiner eigenen Temperatur in Verbindung stehe, so dass also weder ein Wärmeconsum noch eine Wärmebildung in ihm eine Temperaturänderung veranlasst.

Da die Wärmeübergänge hier zwischen Körpern von derselben Temperatur stattfinden, so haben wir es bei den zu betrachtenden Vorgängen nur mit zwei Verwandlungsarten zu thun, nämlich Disgregationsänderungen einerseits und Entstehung von innerer und äusserer Arbeit aus Wärme oder von Wärme aus Arbeit anderseits.

Der Muskel, an dem einen Ende dauernd fixirt, werde in den Erregungszustand versetzt, ohne dass ihm zunächst eine Verkürzung gestattet sei. In diesem ersten Zeitraume geht die eigentliche contractile Substanz, nach der vorhin adoptirten Vorstellungsweise, vermöge einer in einem zweiten Körpersysteme stattfindenden chemischen Action, bei Behauptung der ursprünglichen Länge lo in eine allotrope Modification über.

Nachdem der chemische Process vollkommen stetig geworden ist, lasse man den Muskel sich zweitens auf umkehrbarem Wege d. h. bei fortwährender Gleichheit der Belastung und des ponderomotorischen Zuges zusammenziehen. Die Contraction werde fortgesetzt bis die der Belastung Null entsprechende Länge l' erreicht ist. Bei diesem Vorgange leistet der Muskel die grösste Arbeit, deren er bei der gegebenen Erregungsstärke fähig ist.

Man lasse jetzt drittens die Erregung aufhören, während der Muskel zunächst gezwungen sei, die Länge l' ohne Krümmung der Fasern zu behaupten. In diesem dritten Zeitraume findet also die Rückbildung der contractilen Substanz aus der allotropen in die ursprüngliche Modification statt.

Endlich lasse man den Muskel sich im unerregten Zustande von der Länge l' zu der ursprünglichen Länge lo ausdehnen, und zwar wiederum auf umkehrbare Weise, d. h. bei fortwährender Gleichheit des nach der Längsrichtung wirkenden ponderomotorischen Druckes und eines von einem Gewichte ausgeübten Gegendruckes. Hierbei wird also noch ein weiteres Arbeitsquantum gewonnen.

Da die contractile Substanz sich am Schlusse des Processes wieder in der gleichen Verfassung wie beim Beginne desselben befindet, so hat eine Disgregationsänderung in ihr nicht stattgefunden. Dagegen ist eine zweite Verwandlungsart eingetreten, nämlich die Entstehung von äusserer Arbeit aus Wärme[1]). Die

1) Nur bedingungsweise lässt sich übrigens angeben, in welchem der

Leistung innerer Arbeit ist ausgeschlossen, weil die potentielle Energie der contractilen Substanz schliesslich wieder dieselbe wie beim Anfange des Vorganges ist.

Bedeutet also W die in der contractilen Substanz verschwundene, des gesammten äusseren Arbeit gleichwerthige Wärmemenge, so ist der Aequivalenzwerth der betreffenden Verwandlung gleich

$$-\frac{W}{T}$$

worin W als absolute Grösse genommen ist.

Da die Arbeitsbildung aus Wärme als negative Verwandlung für sich nicht bestehen kann, so müssen wir die Compensation in der Verwandlung suchen, welche im Systeme der chemisch wirksamen Körper eingetreten ist.

Der myochemische Process ist offenbar kein umkehrbarer Vorgang. Die in ihm entstehende Wärmemenge wird demnach grösser sein als zur Compensation der gleichzeitigen Disgregationsverminderung der Moleküle erforderlich ist.

Nennen wir also diesen Ueberschuss von Wärme w, so ist der Aequivalenzwerth der der chemischen Action angehörigen Verwandlung gleich

$$\frac{w}{T}$$

Da nun die betrachteten Processe bloss theilweise umkehrbar sind, so muss die Summe der Verwandlungswerthe der Bedingung genügen

$$\frac{w}{T} - \frac{W}{T} > 0$$

oder

$$w > W$$

Die im chemischen Processe entstehende Wärmemenge muss also grösser als die in der contractilen Substanz verschwindende sein, so dass also das Endresultat nur eine Erwärmung, nicht eine Abkühlung des Muskels sein kann. Die Annahme einer Entstehung

---

genannten Stadien der Wärmeverbrauch stattfindet. Wäre z. B. $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_1$ im erregten Zustande negativ und im unerregten positiv, so würde die gesammte äussere Arbeit zunächst neben einer gleichzeitigen Wärmebildung auf Kosten des Werkinhaltes der contractilen Substanz entstehen. Der Wärmeverbrauch müsste daher in das erste Stadium (der Umbildung) fallen d. h. zuvörderst zu einer Vermehrung des Werkinhaltes verwendet werden u. s. w.

der Muskelarbeit aus Wärme wird mithin durch die Thatsache des fehlenden Wärmeüberganges nicht ausgeschlossen. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass auch hier das Wort Heraklit's gilt:

Πυρος ἀνταμειβεται παντα και πυρ ἁπαντων ὡσπερ χρυσου χρηματα και χρηματων χρυσος.

Ueber die Gleichgewichtsbedingung für den Muskel.

Von

Dr. **Fr. Fuchs.**

Die folgende Darlegung ist eine nähere Ausführung eines Aufsatzes, welcher unter ähnlichem Titel im VII. Bande dieses Archives veröffentlicht wurde. Obwohl die Deduction nur in einer leichten Anwendung bekannter Principien besteht, so denke ich doch, dass wenigstens diejenigen, welche die bekannte Contractilitätsfrage für richtig gestellt halten, einigen Nutzen aus ihr ziehen können.

Der Leser, dem die mannigfaltigen Anwendungen des Princips der virtuellen Arbeit genügend bekannt sind, mag die beiden ersten Abschnitte überschlagen.

I. Vorbemerkung über die Begriffsbestimmung und Nomenclatur der Kraft.

Die verschiedenen Energien oder Arbeitsvorräthe der Körper sind Grössen, welche, in mechanischer Einheit gemessen, den Zuwachs Eins als Tauschwerth für die Senkung von einem Kilogramm um die Strecke von einem Meter erfahren. Ihre Vermehrung kann als positive, ihre Verminderung als negative Energieänderung bezeichnet werden, wobei sich das Wort Aenderung also auf die Quantität nicht auf die Qualität der Energie bezieht.

Die Hebung einer gravitirenden Masse, die Bildung von kinetischer Energie, die Vermehrung des Werkinhaltes, des Wärmeinhaltes, der Energie einer elektrischen Ladung sind positive, die Senkung einer gravitirenden Masse u. s. w. sind negative Energieänderungen.

Die Definition der Kraft wird für die folgende Erörterung am zweckmässigsten auf den Begriff der Energie gegründet. Ein freier Punkt unterliege der Bedingung, dass eine jede Versetzung desselben mit einer bestimmten Energieänderung (z. B. einer Ladung) verbunden sei, welche ihr Zeichen mit dem Sinne der Verrückung umkehrt. Wird der Punkt successive in den Linien l, l_1, l_2 und zwar nach Seite der negativen Aenderung um eine Strecke σ verschoben, so lässt sich der entsprechende Energieconsum, so lange σ unendlich klein bleibt, jedenfalls in der Form $P\sigma, P_1\sigma, P_2\sigma$ darstellen. Sich selbst überlassen, geht der Punkt nach derjenigen Richtung in den Zustand der Bewegung über, für welche das correspondirende Product $P\sigma$ und mithin auch der Factor P am grössten ist.

Diese Richtung des maximalen Energieverbrauches wird die Kraftrichtung, der Factor P wird der numerische Werth der auf den Punkt wirkenden Kraft genannt. Die Gesetze der Mechanik haben zur Voraussetzung, dass für eine jede andere Richtung l_1, welche mit l den Winkel α bildet, der correspondirende Energieconsum $P_1\sigma = P (\cos \alpha\, \sigma)$ und mithin $P_1 = P \cos \alpha$ sei. Der Factor P_1 wird die Componente der Kraft P nach der Richtung l_1 genannt. Wird der Energieverbrauch in Kilogrammmetern gemessen, so ist P eine Grösse von der Art eines in Kilogrammen gemessenen Gewichtes. Das Product $P\sigma$, $P_1\sigma$ wird auch die Arbeit der Kraft, resp. Kraftcomponente genannt. Bestimmt man mit Zugrundelegung des Satzes $P_1\sigma = P (\cos \alpha\; \sigma)$ eine ideelle Kraft, deren Arbeit hinsichtlich einer jeden möglichen Verrückung die Arbeiten zweier, an einem Punkte angreifender Kräfte P', P'' ersetzt, so ergibt sich diese der Grösse und Richtung nach als Diagonale des bekannten aus P' und P'' gebildeten Parallelogrammes. Die Richtung der Resultirenden ist zugleich wieder die Richtung des maximalen Energieverbrauches.

Ist der Factor P von der Geschwindigkeit der Versetzung abhängig, so gilt als Kraft im Sinne der Statik der der Geschwindigkeit Null entsprechende Werth desselben.

Ist der zu betrachtende Punkt (b) zwar nach allen Seiten im Raume beweglich, allein mit einem Systeme anderer Punkte a, a_1 .. derartig verkettet, dass einer jeden Verrückung von b eine bestimmte Verrückung der übrigen Punkte entspricht, so wird sich die Totalsumme der Energieänderungen, welche im ganzen Systeme bei Verschiebung von b um die Strecke σ eintreten, immer

noch in der Form $P\sigma, P_1\sigma$ . . . darstellen lassen. Man kann auch in diesem Falle den Punkt b hinsichtlich einer zu bewerkstelligenden Aequilibrirung als unverbunden und die Factoren P, P_1 . . als die auf ihn wirkende Kraft resp. Kraftcomponente betrachten, wenn, wie oben, der Forderung $P_1\sigma = P$ $(\cos\alpha.\,\sigma)$ entsprochen ist.

Man bezeichnet die Kräfte häufig mit dem Namen der Anziehung, der Abstossung, des Zuges und Druckes. Diese Ausdrücke haben an sich, sofern sie Muskelgefühle in die Beziehungen der Körper hineintragen, keine höhere mechanische Bedeutung als die φιλια und νεικος der alten Philosophen. Im physikalischen Sinne ist die Anziehung resp. Abstossung zweier Punkte lediglich das Verhältniss eines mit der Annäherung resp. Entfernung verbundenen Energieconsumes zu der Grösse der Abstandsänderung. Eine ähnliche Behauptung gilt von dem Drucke durch Wärme, Elektricität u. s. w.

Obwohl die genannten Ausdrücke ganz vortrefflich sind, um die Richtung erkennen zu lassen, nach welcher für eine Versetzung gegebener Grösse der maximale Energieverbrauch eintritt, so führt anderseits ihre vielfach übliche Anwendung ohne nähere Definition auch leicht dazu, dass das Causalitätsbedürfniss in trügerischer Weise durch die associirte Vorstellung eines Muskelgefühles befriedigt werde, welches wohl für die unmittelbare Wahrnehmung der von Innen besehenen Bewegungsursache genommen wird. Jeder weiss z. B. dass zwei mit gleichen Mengen positiver und negativer Elektricität geladene Kugeln sich anziehen; es ist jedoch weit weniger bekannt, dass die bei Herstellung einer leitenden Verbindung entwickelte Wärmemenge cet. par. mit dem Abstande der Kugeln wächst. Gleichwohl würden beide Thatsachen stets zusammen gedacht werden, wenn man von Hause aus den Begriff der Anziehung auf den der Energie zu stützen pflegte.

So dürfte denn auch die alte Controverse, ob der von dem erregten Muskel ausgeübte Zug auf einer Aenderung der Elasticität oder auf einer besonderen Contractilität beruhe, wohl als ein blosser Wortstreit betrachtet werden, sofern die Definition dieser Ausdrücke nicht aus den Energieänderungen hergeleitet wird, welche mit der Verlängerung und Verkürzung des Muskels verbunden sind.

II. Das Princip der virtuellen Arbeit.

Nennt man der Kürze halber Entelechie die Bewegung, ver-

möge deren ein System in eine benachbarte Lage übergehen kann, so lässt sich als selbstverständlich behaupten, dass ein jedes System, welches die Entelechie nicht bereits hat, dauernd in seinem Zustande verharrt, sofern ihre Bildung für eine jede mögliche unendlich kleine Verrückung ausgeschlossen ist. Da die Entelechie aber nur auf Kosten eines mit der Lageänderung der Theile verbundenen Energieconsumes entstehen kann, so ist der genannten Forderung genügt, wenn den negativen anderweitige positive Energieänderungen derartig coordinirt sind, dass die algebraische Summe derselben bei einer jeden Verrückung Null oder positiv sein würde.

Wenn die Energieänderungen, wie es gewöhnlich der Fall ist, ihr Zeichen mit dem Sinne der Verschiebung umkehren, so reducirt sich die Bedingung darauf, dass die besagte Summe Null sei. Denn wäre sie positiv für die Versetzung in einem Sinne, so würde sie für die entgegengesetzte Richtung negativ werden und für diese würde sich mithin die Entelechie bilden können.

Bei Annahme der eben gemachten Einschränkung gilt mithin der Satz:

„Für das Gleichgewicht eines Systemes ist es nothwendig und zureichend, dass die Summe der virtuellen Energieänderungen für eine jede mit den allgemeinen Bedingungen verträgliche, unendlich kleine Verrückung gleich Null sei."

Die Bildung und der Consum von kinetischer Energie ist von den virtuellen Energieänderungen nicht ausgeschlossen. So kann ein System von ruhenden Punkten mit einem zweiten Systeme sich bewegender Punkte derartig verbunden sein, dass der Gleichgewichtszustand des ersten durch die virtuelle Aenderung der kinetischen Energie im zweiten Systeme mit bestimmt wird.

Der Ausdruck Energieänderung dürfte daher in der allgemeinsten Gleichgewichtsbedingung passender sein als das Wort Arbeit, da man mit dem letzteren nur die Aenderung der potentiellen Energie der Lage und nicht der kinetischen Energie zu bezeichnen pflegt.

Denkt man aber nun das Gleichgewicht eines Systemes durch die Coordination von Energieänderungen im Allgemeinen bedingt, so ist hinsichtlich der Art der Verrückung eine Einschränkung zu machen. Sofern nämlich die Summe der Energieänderungen $Q.dx$ von der Geschwindigkeit V abhängt, mit der die Verschiebung dx vorgenommen wird, so gilt die das Gleichgewicht bestimmende

Gleichung $Q = O$ für den der Geschwindigkeit $V = O$ entsprechenden Grenzwerth von Q, weil sich die gedachte Verrückung aus eigenem Antriebe des Systemes nicht mit einer endlichen, sondern einer unendlich kleinen Geschwindigkeit vollziehen würde.

Das Princip möge zunächst durch einige einfache Beispiele erläutert werden, aus welchen sich ersehen lässt, wie mannigfaltig der Art nach die in die Gleichgewichtsbedingung eingehenden Energieänderungen sein können.

1) Am Hebel befinden sich die Massen im Gleichgewichte, wenn dieselben derartig angeordnet sind, dass bei einer unendlich kleinen Drehung die Senkungsarbeit der Hebungsarbeit numerisch gleich ist. Denn alsdann ist kein Theil der ersteren mehr zur Bildung der kinetischen Energie disponibel, vermöge deren das System aus einer gegebenen Lage in eine benachbarte übergehen könnte. Eine ähnliche Gleichgewichtsbedingung gilt für den Flaschenzug, die schiefe Ebene, die hydraulische Presse, die schwimmenden Körper u. s. w.

2) Bei der folgenden unter dem Namen des Bremsdynamometers bekannten Anordnung ist der Senkung eines Gewichtes nicht mehr die Hebung einer zweiten Masse, sondern eine Wärmebildung coordinirt.

Ein durch eine Maschine in gleichförmige Rotation versetzter Cylinder gehe mit Reibung in einer eng anliegenden Hülse, mit welcher eine Stange derartig verbunden sei, dass das freie Ende derselben bei einer Drehung der Hülse einen Kreisbogen um die Axe des Cylinders beschreibt. Bei geeigneter Rotationsrichtung kann nun das Ende der Stange mit einem gewissen Gewichte P so belastet werden, dass dasselbe in der Schwebe gehalten wird. Es ist leicht zu erkennen, worauf hier das Gleichgewicht beruht. Beschreibt ein Punkt des Cylinders bei ruhender Hülse den Weg h, so ist die dabei entstehende, durch die Arbeit der Maschine gelieferte Wärme nach dem Reibungsgesetze gleich $Q.h$ Kilogrammmeter, worin Q einen Factor bedeutet, welcher lediglich von der Stärke der Pression und der stofflichen Beschaffenheit der sich reibenden Flächen abhängt. Wenn sich aber gleichzeitig die Hülse bewegt, so dass ein Punkt derselben die Strecke h' zurücklegt, so ist jetzt die Wärmebildung bei dem Vorgange gleich $Q.h + Q.h'$. Die Wärmemenge $Q.h'$ muss aus der Arbeit des sinkenden Gewichtes P entstehen, welche gleich Pnh' ist, wenn das Ende der

Stange von der Axe des Cylinders um das n fache von dessen Radius absteht. Das Gewicht P wird nun in der Schwebe gehalten, wenn die Bedingung erfüllt ist $Q.h' = P\,n\,h'$ oder $Q = nP$. Denn alsdann ist der eventuellen Senkung eine Wärmebildung zugesellt, welche die Entstehung der Entelechie ausschliesst. Die Arbeit, welche die Maschine bei einer Umdrehung leistet, ist gleich $2r\pi Q = 2r\pi nP =$ UP Kilogrammmeter, wenn r den Radius des Cylinders und U den Umfang des mit dem Aufhängepunkte des Gewichtes P beschriebenen Kreises bedeutet.

3) Betrachten wir jetzt einen einfachen Fall aus der Elektrostatik. An den Enden eines Wagebalkens hängen zwei Kugeln von ungleichem Gewichte P_1 und P_2, von welchen die schwerere P_2, mit positiver Elektricität geladen, in dem Abstande l über einer festen, ebenfalls positiv elektrischen Platte schwebe. Die virtuelle Hebung und Senkung gravitirender Massen, sowie die Energieänderung einer Ladung bedingen hier das Gleichgewicht des Systemes. Unter Berücksichtigung dass die Energie (Q) der Ladung, etwa gemessen durch die Wärmebildung bei Entladung von Kugel und Platte zur Erde, bei Vergrösserung des Abstandes l abnimmt, ergibt sich die Gleichgewichtsbedingung durch die Gleichung $P_2 \partial l - P_1 \partial l + \frac{\partial Q}{\partial l} \partial l = 0$ oder $P_2 - P_1 + \frac{\partial Q}{\partial l} = 0$.

4) Auch in einem offenen galvanischen Elemente, etwa von der Zusammensetzung Zink, schwefelsaures Zinkoxyd, schwefelsaures Kupferoxyd, Kupfer, muss eine Gleichgewichtsbedingung erfüllt sein, welche das Zustandekommen des chemischen Processes verhindert. Man kann sich vorstellen, dass mit dem elektrochemischen Vorgange zwei coordinirte Energieänderungen eintreten, die Verminderung der potentiellen Energie der Moleküle und die Hebung einer gewissen Elektricitätsmenge von einem niederen zu einem höheren Potentialniveau. Nennen wir Eins die Elektricitätsmenge, welche durch einen Querschnitt des geschlossenen Kreises fliesst, während ein Milligrammäquivalent der am elektrochemischen Processe betheiligten Körper in Action tritt, nennen wir A die hierbei stattfindende Verminderung der potentiellen Energie; es sei endlich E der Unterschied der Potentialniveau's an den Polen, wobei die Einheit dieses Unterschiedes so gewählt sei, dass der Uebergang der Elektricitätsmenge Eins einer Arbeit

von einem Kilogrammmeter entspricht. Denkt man nun in der offenen Kette eine kleine Elektricitätsmenge e von dem niederen zu dem höheren Potentialniveau übergeführt, so würden hierbei e Milligrammäquivalent der Körper in Action treten. Die aufgewendete potentielle Energie wäre e . A und die gewonnene Energie der Ladung wäre gleich e . E Kilogrammmeter. Die Säule befindet sich im Gleichgewichtszustande, wenn E einen solchen Werth angenommen hat, dass $e.E = e.A$ oder $E = A$ ist[1]). Denn alsdann kann sich die Entelechie des Vorganges auf Kosten des diponibeln Energieconsumes nicht mehr bilden.

5. Es möge jetzt eine, wenn auch zur Hälfte fingirte, Anordnung untersucht werden, bei welcher eine der Energieänderungen

1) Der Verminderung der potentiellen Energie ist möglicher Weise noch eine kleine Wärmebildung coordinirt, so dass alsdann $E = A - k$ ist. Eine, wenn auch ebenfalls geringfügige Wärmebildung zweiter Art wird bei geschlossener Kette an den Contactstellen zwischen Metallen und Flüssigkeiten dadurch bedingt sein, dass die Entelechie des Vorganges, eine besondere Bewegungsform der Moleküle, beim Eintritt der chemischen Verbindung zu Wärme wird. Mit dieser Vorstellung hängt die zweite zusammen, dass der Unterschied der Potentialniveau's an den gedachten Stellen sich beim Schlusse des Kreises um einen, wenn auch sehr kleinen Betrag vermindert. Diese Auffassung weicht von der gewöhnlichen ab; sie empfiehlt sich jedoch dadurch, dass sie einen Grund für ein Geschehen in der geschlossenen Kette erkennen lässt. Die einfachste Annahme wäre, dass die Stromesintensität im Leiterkreise durch eine Gleichung $i = \frac{x}{W}$ und an den Contactstellen durch eine zweite Gleichung $i = \frac{E - x}{w}$ bestimmt sei, wobei E die Potentialdifferenz der offenen, x die der geschlossenen Kette und w eine Constante vorstellt. Durch Elimination von x ergibt sich $i = \frac{E}{w + W}$. Die Constante w hat formell die Bedeutung eines Uebergangswiderstandes; sie geht jedoch lediglich aus der Bedingung einer localen, durch das Verschwinden der Entelechie verursachten Wärmebildung ($= wi^2$) hervor.

Bei dieser Auffassung bietet die galvanische Säule ein Beispiel von Molekularhemmung im Sinne der Pflüger'schen Lehre dar. Die Potentialdifferenz E des offenen Elementes ist die Molekularhemmung für das Zustandekommen des elektrochemischen Processes; durch den Schluss der Kette wird dieselbe auf einen Werth x erniedrigt und in Folge dessen geht jetzt der chemische Vorgang mit einer dem Werthe $E - x$ proportionalen Intensität von Statten. Eine Molecularhemmung verwandter Art mag im unerregten Muskel den Eintritt des den Erregungsstand bedingenden myochemischen Processes verhindern.

von der Geschwindigkeit der Versetzung abhängt. Es werde angenommen, dass in einem hohen, cylindrischen, mit einem beweglichen Deckel versehenen Gefässe eine grosse Zahl von elastischen Kugeln (Atomen) in geradlinig auf- und absteigender Bewegung begriffen seien. Befindet sich der Deckel in Ruhe, so ist die Geschwindigkeit der rückgehenden Kugeln die gleiche wie die der ankommenden. Wird der Deckel jedoch mit der Geschwindigkeit V um eine Strecke Δx nach abwärts bewegt, so ist die erstere während dieses Vorganges um V grösser als die letztere.

Nennt man M die Masse der in der Kubikeinheit vorhandenen Kugeln, v ihre Geschwindigkeit, Q den Querschnitt des Deckels, so ist das Arbeitsäquivalent der von den Kugeln gewonnenen kinetischen Energie, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, gleich

$$\frac{MQ\Delta x}{2g}\left[V^2 + 3Vv + 2v^2\right]$$

Soll nun eine jede Querschnittseinheit mit einem solchen Gewichte P belastet werden, dass der Deckel mit der gegebenen Anfangsgeschwindigkeit V und ohne Aenderung derselben die Strecke Δx durchlaufen kann, so muss das Gewicht P der Bedingung genügen

$$PQ\Delta x = \frac{MQ\Delta x}{2g}\left[V^2 + 3Vv + 2v^2\right]$$

woraus folgt

$$P = \frac{M}{2g}\left(V^2 + 3Vv + 2v^2\right)$$

Setzt man in dieser Gleichung $V = 0$, so erhält man das Gewicht P_0, womit eine jede Querschnittseinheit zu belasten ist, wenn der Deckel in Ruhe bleiben soll. Also

$$P_0 = \frac{Mv^2}{g}$$

Nimmt man an, dass nur der dritte Theil der Kugeln in auf- und niedergehender Bewegung begriffen sei, so ist der Ausdruck auf der rechten Seite noch durch 3 zu dividiren und man hat alsdann die aus der Gastheorie von Krönig und Clausius bekannte Gleichung $P_0 = \frac{Mv^2}{3g}$.

In dem vorliegenden Falle besteht das Gleichgewicht des Deckels dadurch, dass der mechanischen Arbeit der sinkenden Belastung eine Vermehrung der kinetischen Energie der mit dem

Deckel zusammentreffenden Kugeln coordinirt ist. Wenn die erstere Grösse der letzteren numerisch gleich ist, so bleibt zur Bildung der Entelechie, nämlich der Bewegung der Belastung nichts übrig und der Vorgang kann daher nicht zu Stande kommen.

Da die kinetische Energie, welche die Kugeln gewinnen, eine Function von V ist, so muss die Versetzung bei der Aufstellung der Gleichgewichtsbedingung mit der Geschwindigkeitsgrenze Null vollzogen werden, weil der Deckel das erste Wegelement mit einer unendlich kleinen Geschwindigkeit durchlaufen würde.

6. Das letztere gilt auch für solche Systeme, in welchen elektrodynamische Kräfte wirksam sind. Stehen z. B. zwei parallele, von gleichgerichteten Strömen durchflossene Leiterelemente einander gegenüber und wird das eine derselben dem anderen um die Strecke dx mit der Geschwindigkeit V genähert, so ist die Versetzung mit einem Energieconsume in den Ketten verbunden, welcher sich unter der Form $X\partial x$ darstellen lässt, wobei die Grösse X von der Länge und Lage der Leiterelemente, von den elektromotorischen Kräften und Widerständen der Kreise, ausserdem aber auch von der Geschwindigkeit V der Versetzung abhängig ist. Dieser Energieconsum, für welchen ausserhalb der Kreise ein Aequivalenzwerth in der Form gewonnener Arbeit gebildet wird, ist in erster Instanz die Senkung einer gewissen Elektricitätsmenge um die inducirte Differenz der Potentialniveau's und in zweiter Instanz ein Mehrverbrauch von Energie an den elektromotorisch wirksamen Stellen zur Hebung jener Elektricitätsmenge um dieselbe Potentialdifferenz. Der Werth X_0, gegen welchen X convergirt, wenn die Geschwindigkeit V der Versetzung bis Null abnimmt, ist die elektrodynamische Componente der Anziehung für die gedachte Bewegungsrichtung, eine Grösse, welche nach dem Inductionsgesetze Null ist, wenn eines der Leiterelemente stromfrei ist, jedoch immer einen bestimmten Werth hat, wenn beide stromführend sind.

III. Das Gleichgewicht des Muskels.

Wir betrachten zunächst die Gleichgewichtsbedingung für eine einzelne, unerregte Muskelfaser. Das eine ihrer punktförmig gedachten Enden a werde als dauernd fixirt angenommen; das andere b sei beweglich und diene eventuell der anzubringenden Belastung zum Angriffspunkte.

Die nach Massgabe der Belastung veränderliche Länge a b,

welche genau mit der Verticalen zusammenfalle, werde die Faserlänge l, die Länge der unbelasteten Faser werde Normallänge (l_0) genannt.

Gibt man der Länge l durch zweckmässige Wahl der Belastung einen vorgeschriebenen Werth, so ist die Lage sämmtlicher Punkte in der Faser bestimmt. Wird der Punkt b alsdann in der Richtung a b verrückt oder wird, mit anderen Worten, l und ∂l geändert, so werden sämmtliche andere Punkte in ganz bestimmter Weise in eine benachtbarte Lage übergeführt. Die hiermit verbundenen Energieänderungen sind jedenfalls ∂l proportional und lassen sich daher in der Form $P_1 \partial l$, $P_2 \partial l$ u. s. w. darstellen, wobei P_1, P_2.. positive oder negative, von l abhängige Grössen vorstellen.

Die Gleichgewichtsbedingung für die Muskelfaser hinsichtlich der gedachten Verrückung des Punktes b, lautet demnach in der allgemeinsten Form

$$P_1 \partial l + P_2 \partial l + \ldots = 0 \quad \text{oder}$$
$$P_1 + P_2 + \ldots = 0$$

wobei vorausgesetzt ist, dass eine jede der vorkommenden Energieänderungen mit dem Sinne der Verschiebung ihr Zeichen umkehrt.

Man darf wohl annehmen, dass nur zwei Energien im Muskel der Bedingung einer coordinirten Aenderung unterworfen sind, die potentielle Energie der gegen einander gravitirenden Moleküle und der wahre Wärmeinhalt.

Aus den Untersuchungen des Fick'schen Laboratoriums wissen wir, dass bei der Dehnung des Muskels eine Wärmebildung, bei der Verkürzung desselben ein Wärmeconsum eintritt. Die Wärmebildung wird mit einer Verminderung, der Wärmeconsum mit einer Vermehrung der potentiellen Energie oder, was dasselbe besagt, des Werkinhaltes einhergehen.

Man kann sich nun vorstellen, dass die bei der Dehnung ($+\partial l$) stattfindende Wärmebildung und eine gleichzeitige Verminderung der potentiellen Energie aus inneren Gründen so aneinander gekettet sind wie die Hebung und Senkung der sich äquilibrirenden Gewichte an der Wage. Die Bildung der Entelechie, vermöge deren der Muskel in eine benachtbarte Lage übergehen könnte, ist durch die Bedingung der coordinirten Energieänderungen ausgeschlossen. Nennen wir die mit der Dehnung ($+\partial l$) verbundene Wärmebildung $R\partial l$, die gleichzeitige Verminderung der

potentiellen Energie — $P\partial l$, so lautet die Gleichgewichtsbedingung für die unbelastete Muskelfaser (immer hinsichtlich der hier allein zu betrachtenden Verschiebung des Punktes b in der Längsrichtung a b)

$$1) \qquad (R\partial l) + (-P\partial l) = 0 \quad \text{oder } R - P = 0,$$

worin R und P als absolute oder positive Grössen von gleichem numerischen Werthe zu betrachten sind. Die Verrückung muss mit der ideellen Geschwindigkeit Null vollzogen werden, da bei einem endlichen Werthe derselben die Wärmebildung durch innere Reibung mit in's Spiel kommt, vermöge deren ein in der Längsrichtung oscillirender Muskel zur Ruhe gelangt.

Die in den Klammern stehenden Ausdrücke stellen in Kilogrammmetern gemessene Energieänderungen vor, von denen die erstere dem Vorzeichen von ∂l gleichnamig, die letztere demselben ungleichnamig ist.

Da die genannten Energieänderungen mit der Verrückung des beweglichen Endes b unabänderlich verbunden sind, so kann man dieses wie einen freien Punkt betrachten, auf welchen die in Kilogrammen gemessenen Kräfte R und P wirken. Die Richtung dieser sich äquilibrirenden Kräfte fällt natürlich in die Linie der gedachten Verschiebung und zwar nach der Seite des Energieconsumes. Da nun der Wärmeverbrauch bei der Verkürzung ($-\partial l$) und die Verminderung des Werkinhaltes bei der Verlängerung ($+\partial l$) erfolgt, so ist R eine Kraft, welche den Punkt b im Sinne einer Verkleinerung und P ist eine Kraft, welche ihn im Sinne einer Vergrösserung der Faserlänge a b fortzubewegen trachtet. Denkt man sich, dass die Kräfte vom Muskelinnern aus auf den Punkt b ausgeübt werden, so kann man R den Wärmezug und P den Werkdruck des Muskels nach der Längsrichtung nennen.

Es kommt der Anschauung zu Statten, wenn man den Wärmezug und den Werkdruck durch zwei Gewichte R und P vertreten denkt, welche so mit dem Ende der Faser verbunden sind, dass P eine Verlängerung und R, etwa über eine Rolle geleitet, eine Verkürzung derselben anstrebt. Die gleichzeitige Hebung und Senkung dieser ideellen Gewichte bei der Auf- oder Abwärtsbewegung des Faserendes repräsentirt die beiden virtuellen Energieänderungen sowohl dem Vorzeichen als der Grösse nach. Es dürfte sich empfehlen, dieses einfache dem Gleichgewichte an der Wage entsprechende Schema in der Vorstellung zu behalten, weil in ihm

die ihrem inneren Grunde nach unbekannte Coordination der Wärme- und Werkänderung durch die leicht aufzufassende Coordination mechanischer Arbeit ersetzt ist.

Wird jetzt der Punkt b mit einer Belastung von p Kilogrammen versehen, so nimmt die Faserlänge einen Werth $l > l_0$ an. Die Gleichgewichtsbedingung hinsichtlich einer Verschiebung des Faserendes in der Längsrichtung lautet jetzt:

$$2) \qquad (R'\partial l) + (-P'\partial l) + (-p\partial l) = 0$$

worin die beiden ersten Glieder die virtuelle Aenderung des Wärme- und Werkinhaltes, das letzte die virtuelle mechanische Arbeit ausdrücken.

Die absoluten oder positiven Grössen R′, P′, p haben auch hier wieder die Bedeutung von (in Kilogr. gemessenen) Kräften, welche, sich gegenseitig äquilibrirend, auf den frei gedachten Punkt b in der Richtung der Faserlänge wirken. R′ ist der Verkürzung erstrebende Wärmezug, P′ ist der Verlängerung erstrebende Werkdruck und p ist der ebenfalls Verlängerung erstrebende Zug der Belastung.

Aus der Gleichung 2 folgt

$$3) \qquad R' - P' = p$$

Nennt man r die Resultirende von R′ und P′ so ist

$$4) \qquad r = R' - P'$$

Mithin ist auch

$$5) \qquad r = p$$

Da der Gleichung 3 zu Folge der Wärmezug R′ grösser ist als der Werkdruck P′, so ist die Resultirende (r) von beiden ein Verkürzung erstrebender Zug, welcher dem Zuge der Belastung (p) der Grösse nach gleich und der Richtung nach entgegengesetzt ist. Diese Resultirende ist aber nichts anderes als die Spannung oder, wie wir hier besser sagen, der ponderomotorische Zug der Muskelfaser.

Der ponderomotorische Zug der gedehnten Muskelfaser wäre somit als Differenz zweier aus der Bedingung virtueller Energieänderungen hervorgehender Kräfte, des Wärmezuges und des Werkdruckes aufzufassen.

Wird der Punkt b in irgend einer anderen Richtung, welcher mit der Faserlänge ba einen Winkel α bildet, um eine Strecke $\partial l'$ verschoben, so ist die Verkürzung der Faser gleich $\cos\alpha\, \partial l'$. Der dabei stattfindende Wärmeconsum ist somit gleich $R'(\cos\alpha\, \partial l')$.

Schreibt man diesen Ausdruck in der Form (R' cos α) ∂l', so stellt die in Klammern stehende Grösse die Componente des Wärmezuges R' nach der neuen Richtung dar.

Die Grösse R' lässt sich also hinsichtlich einer jeden ohne Torsion des Fadens vorgenommenen Verrückung des Punktes b als eine in der Richtung der Faserlänge auf ihn wirkende Kraft behandeln. Dasselbe gilt vom Werkdrucke und mithin auch vom ponderomotorischen Zuge.

Die vorstehende, auf eine einzelne Muskelfaser bezügliche Betrachtung lässt sich ohne Weiteres auf jeden parallelfaserigen Muskel ausdehnen. Ohne von der Wirklichkeit erheblich abzuweichen, kann man einen solchen, statt durch die Sehnen, durch zwei feste, zur Faserrichtung senkrechte Platten geschlossen denken. Bei dem Fortgange der Erörterung werden wir diesen schematischen Muskel im Auge haben, wobei wir die eine der Platten dauernd fixirt und die andere mit der Belastung zu versehende Platte beweglich denken. Die Ausdrücke Muskellänge und Normallänge beziehen sich von jetzt an auf den Abstand dieser Platten.

Wird die bewegliche Endplatte sich selbst parallel um eine Strecke ∂l verschoben, so ist die damit verbundene gesammte Wärme- und Werkänderung die Summe der Wärme- und Werkänderungen der einzelnen Fasern. Entsprechend ist auch der gesammte auf die Platte ausgeübte Wärmezug die Summe der Wärmezüge der Fasern. Dasselbe gilt vom Werkdrucke und dem ponderomotorischen Zuge.

Um die untere Endplatte des gedehnten Muskels so zu äquilibriren, dass sie der oberen parallel bleibt, kann man eine der Summe der ponderomotorischen Züge gleiche Belastung in doppelter Weise anbringen. Entweder man lässt sie an demjenigen Punkte der Platte angreifen, durch welche die Resultirende der parallelen, ponderomotorischen Züge hindurchgeht oder man vertheilt dieselbe gleichförmig über die ganze Endfläche. In beiden Fällen ist der Gleichgewichtsbedingung genügt, dass die Summe der virtuellen Energieänderungen hinsichtlich einer jeden möglichen Parallelverschiebung und Drehung der Platte gleich Null sei. Wir werden in der Folge die zweite Art der Belastung annehmen und demgemäss diese, sowie auch den Wärmezug, den Werkdruck und den ponderomotorischen Zug auf die Endfläche beziehen.

Der Druck eines in einem Gefässe eingeschlossenen Gases gegen einen beweglichen Deckel ist das völlige Analogon des Wärmezuges, welchen der Muskel gegen die Endplatte ausübt. Es besteht jedoch der Unterschied, dass der Wärmedruck des Gases zugleich der ponderomotorische Druck desselben ist, da bei der grossen Separation der Moleküle ein entgegenstehender Werkzug nicht zu überwinden ist.

Der Wärmezug des Muskels ist jedenfalls eine Function der nach Massgabe der Belastung verschiedenen Muskellänge und der Temperatur zugleich. Der entgegengesetzte Werkdruck ist jedenfalls eine Function der Muskellänge und möglicher Weise auch der Temperatur.

Das unterscheidende Merkmal im Verhalten der verschiedenen elastischen Stäbe lässt sich durch folgende Ueberlegung dem Gedächtnisse einprägen. Der ponderomotorische Zug derjenigen Stäbe, welche sich bei der Verkürzung abkühlen, ist der Unterschied zwischen einem Wärmezuge und einem Werkdrucke. Der ponderomotorische Zug der Stäbe, welche sich bei der Verlängerung abkühlen, ist der Unterschied zwischen einem Werkzuge und einem Wärmedrucke. Macht man nun die plausible Annahme, dass die Wärmespannung bei zunehmender Temperatur in stärkerem Verhältnisse wächst als die entgegenstehende Werkspannung, — wobei das Wort Spannung vorübergehend als Gattungsname für Zug und Druck gebraucht ist —, so folgt in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, dass die Stäbe der ersten Art sich bei der Temperaturerhöhung zu verkürzen und die letzteren sich dabei zu verlängern streben.

Wir wollen jetzt die im vorigen Aufsatze angeführten Gleichungen herbeiziehen. Der Wärmezug R eines Muskels, als Function der Muskellänge und der absoluten Temperatur gedacht, ist nichts Anderes als der absolute Werth der Grösse, welche dort mit $\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T$ bezeichnet wurde. Unter Berücksichtigung, dass eine vom Muskel abzuführende Wärmemenge als negativ angenommen wurde, haben wir zu setzen

$$R = -\left(\frac{\partial Q}{\partial l}\right)_T$$

Führt man die Grösse R in die Beziehungen Ia—IIIa (S. 542)

ein und schreibt man ferner Cl für $\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_l$, so nehmen die Gleichungen die folgendė Gestalt an:

$$\text{I}' \quad \left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T + \left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)_l = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

$$\text{II}' \quad \left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T + \left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)_l = \frac{R}{T}$$

$$\text{III}' \quad R = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

Die Gleichungen enthalten in dieser Form nur leicht vorstellbare, absolute Grössen, nämlich 1. den Wärmezug R (in Kilogrammen gemessen) 2. den ponderomotorischen Zug oder die Belastung p (ebenfalls in Kilogr. gem.), 3. die Mukselllänge l (in Metern), 4. die absolute Temperatur (etwa 273 + n Grad Cels.), 5. die Wärmecapacität Cl des Muskels d. h. die in Kilogrammmetern gemessene Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Temperatur — nicht der Gewichtseinheit — sondern des ganzen Muskels bei constanter Länge um einen Grad zu erhöhen.

Die Differentialquotienten lassen sich in Worten folgendermaassen definiren:

$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$ ist der Zuwachs des ponderomotorischen Zuges für die Temperaturerhöhung des Muskels um einen Grad bei constanter Länge.

$\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)_l$ ist der Zuwachs des Wärmezuges für eine Temperaturzunahme von einem Grad bei constanter Länge.

$\left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T$ ist das Verhältniss des Zuwachses der Wärmecapacität zu dem bei constanter Temperatur erfolgenden Zuwachse der Muskellänge.

Bezeichnet man die so definirten Grössen $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l \left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)_l \left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T$ mit den einfachen Buchstaben σ, ϱ, ν, so nehmen die Gleichungen eine vielleicht noch übersichtlichere Form an:

$$\text{I}'' \quad \nu + \varrho = \sigma$$

$$\text{II}'' \quad \nu + \varrho = \frac{R}{T}$$

$$\text{III}'' \quad R = T \,.\, \sigma.$$

Die einfachste Grössenbeziehung wird durch die Gleichung III′ resp. III″ festgestellt: Der Wärmezug ist gleich der absoluten Temperatur multiplicirt mit dem Zuwachse des ponderomotorischen Zuges für eine bei constanter Muskellänge erfolgende Temperaturzunahme von einem Grad. Die Form dieses Ausdruckes zeigt, dass der Wärmezug und der ponderomotorische Zug Grössen derselben Art sind. Man wolle auch beachten, dass in dem Ausdrucke $R = T . \sigma$ der numerische Werth von R unabhängig von der Wahl der Temperatureinheit ist. Wird diese nämlich vergrössert, so nimmt der numerische Werth von T ab und von σ zu, so dass die Zahl für R unverändert bleibt.

Mit Hülfe der zwischen dem Wärmezuge, dem Werkdrucke und dem ponderomotorischen Zuge bestehenden Relation

$$\text{I} \quad R - P = p$$

lässt sich auch leicht eine Beziehung zwischen dem Werkdrucke P und der Wärmecapacität Cl ableiten. Differentiirt man nämlich die vorstehende Gleichung nach T, so erhält man

$$\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)_l - \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_l = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

Hält man diese Gleichung mit der Gleichung I′

$$\left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T + \left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)_l = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

zusammen, so folgt

$$\text{II} \quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_l = - \left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T$$

Hieraus lässt sich folgern:

Ist die Wärmecapacität Cl von der Muskellänge unabhängig, so ist der Werkdruck unabhängig von der Temperatur. Nimmt dagegen die Wärmecapacität mit der Muskellänge zu, so nimmt der Werkdruck bei steigender Temperatur ab und vice versa.

Zu einer Beziehung zwischen dem Werkdrucke und dem ponderomotorischen Zuge gelangt man durch eine Verbindung der Gleichungen

$$\text{I} \quad R - P = p$$

$$\text{III}' \quad R = T \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l$$

woraus folgt:

$$\text{III} \quad P = T \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l - p$$

Wird die letztere Gleichung nach T differentiirt, so erhält man noch die einfache Relation

$$\text{IV} \quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_l = T \left(\frac{\partial_2 p}{\partial T^2}\right)_l$$

Wächst also der ponderomotorische Zug der Temperatur proportional, so ist der Werkdruck von der Temperatur unabhängig u. s. w.

Durch Verbindung der Gleichungen

$$\text{II} \quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_l = - \left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T$$

$$\text{IV} \quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_l = T \left(\frac{\partial_2 p}{\partial T^2}\right)_l$$

werden wir auf die Beziehung

$$\left(\frac{\partial Cl}{\partial l}\right)_T = - T \left(\frac{\partial_2 p}{\partial T^2}\right)_l$$

zurückgeleitet, welche in anderer Form in dem vorigen Aufsatze unter IVa (Seite 542) angeführt wurde.

Aus der Gleichung

$$\text{III} \quad P = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l - p$$

lässt sich eine Folgerung ziehen, welche wohl am ehesten einer experimentellen Prüfung zugängig sein dürfte.

Da nämlich P, p, T positive Werthe sind, so ist

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l > \frac{p}{T}$$

Der Zuwachs des ponderomotorischen Zuges für eine Temperaturerhöhung von einem Grad ist hiernach also grösser als die vorhandene Belastung dividirt durch die obwaltende absolute Temperatur. Wäre beispielsweise ein beliebiger Muskel bei der absoluten Temperatur 300 (27° Cels.) mit einem Gewichte von einem Kilogramm beschwert und würde die Temperatur desselben alsdann um einen Grad erhöht, so müsste die Belastung zur Verhütung einer Verkürzung um mehr als 3,3 Gramm vermehrt werden.

Diese Folgerung lässt sich auch folgendermassen formuliren:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_l > \frac{p}{T}$$

$$\frac{dp}{p} > \frac{\partial T}{T}$$

$$\int_{p_0}^{p} \frac{\partial p}{p} > \int_{T_0}^{T} \frac{\partial T}{T}$$

$$\log \frac{p}{p_0} > \log \frac{T}{T_0}$$

Mithin ist

$$\frac{p}{p_0} > \frac{T}{T_0}$$

Wäre also ein Muskel bei der absoluten Temperatur von 300 Grad (T_0) mit 300 Gramm (p_0) belastet und erhöhte man alsdann die Temperatur um 20 Grad, so müsste die Belastung um mehr als 20 Gramm vermehrt werden, sofern die Länge ungeändert bleiben sollte.

Wenn die experimentelle Erfahrung mit dieser Consequenz in Widerspruch tritt, so kann man mit Sicherheit schliessen, dass neben dem Wärmezuge noch der Zug einer anderen Energie auf die Endsehne des Muskels wirkt.

Wir haben bisheran nämlich angenommen, dass mit der Verrückung der Endplatte lediglich eine Aenderung des Wärme- und Werkinhaltes verbunden sei.

Es fragt sich, wie die Auffassung zu modificiren ist, sofern ausserdem noch eine dritte Energie in Betracht kommt. Es ist klar, dass vermöge einer solchen ein Zug oder Druck gegen die Endplatte gesetzt würde, je nachdem das Zeichen ihrer Aenderung dem Sinne der Verschiebung ($\pm\, dl$) gleichnamig oder demselben ungleichnamig wäre.

Ob nun auch das Eine oder das Andere der Fall ist, so bleiben doch die Gleichungen I' – III' bestehen. Denn bei der Ableitung derselben wird nur vorausgesetzt, dass die Gesammtenergie des Muskels eine Function der Muskellänge und der Temperatur ist, ohne dass über die Art der Energie eine Annahme gemacht wird.

Anders verhält es sich mit der Gleichung

$$\text{I} \qquad p = R - P$$

Diese wäre im allgemeinsten Sinne in der Form

$$\text{Ia} \qquad p = Sz - Sp$$

zu schreiben, wobei Sz eine Summe von Energiezügen und Sp eine Summe von Energiepressionen, beide als positive Grössen genommen, bezeichnet. Als experimentell verbürgt können wir nur annehmen, dass die Wärme nicht als Druck, sondern als Zug gegen die Endplatte wirkt.

Ist nun der Wärmezug R der einzige vorhandene Energiezug, so geht die Gleichung Ia über in

$$p = R - Sp$$

Da diese mit Gleichung I übereinstimmt, wenn man Sp mit dem Buchstaben P bezeichnet, so bleibt alles, was sich aus einer Vereinigung der Gleichungen I'—III' mit der Gleichung $p = R - P$ ableiten lässt, auch jetzt noch bestehen. Nur hat man in diesem Falle P nicht mehr ausschliesslich als Werkdruck, sondern als eine Summe von Energiepressionen zu betrachten.

Besteht jedoch neben dem Wärmezuge R noch ein zweiter Energiezug, welcher mit Z bezeichnet werde, so geht die Gleichung Ia über in

$$p = R + Z - Sp.$$

Diese Gleichung stimmt wieder mit der Gleichung $p = R - P$ überein, wenn man $P = Sp - Z$ setzt. Da nun in der vorhergehenden Erörterung P immer als ein positiver Werth betrachtet wurde, so bleiben die gezogenen Schlüsse nur bestehen, wenn Sp—Z positiv, nicht aber, wenn Sp—Z negativ ist. Im ersteren Falle bleibt nach wie vor

$$\frac{p}{p_0} > \frac{T}{T_0}$$

Im letzteren Falle ist jedoch

$$\frac{p}{p_0} < \frac{T}{T_0}$$

Wenn die experimentelle Erfahrung mithin den Bestand der letzteren Ungleichung anzeigt, so wird sich mit Sicherheit schliessen lassen, dass neben dem Wärmezuge noch ein zweiter Energiezug vorhanden ist. Dagegen würde der Bestand der ersteren Ungleichung zu der entgegengesetzten Folgerung nicht berechtigen.

Von der Art und Weise, in der die virtuellen Aenderungen einer dritten Energie in die Gleichgewichtsbedingung eingehen könnten, gewinnt man eine Vorstellung, wenn man dem isolirten Muskel in Gedanken eine elektrische Ladung ertheilt. Ist c die Capacität des Muskels d. h. diejenige Elektricitätsmenge, welche demselben zuzuführen ist, damit die Potentialfunction den Werth Eins annehme, so ist die Energie E einer Ladung von e Elektricitätseinheiten

$$E = k\,\frac{e^2}{c}$$

worin k als eine von der Wahl der Einheiten abhängige Constante und c als eine Function der Muskellänge l zu betrachten ist. Der Ausdruck

$$\frac{\partial E}{\partial l} = -k\,\frac{e^2}{c^2}\,\frac{\partial c}{\partial l}$$

stellt nun einen gegen die Endplatte wirkenden Zug oder Druck dar, je nachdem $\frac{\partial c}{\partial l}$ negativ oder positiv ist.

Es versteht sich von selbst, dass die Energie einer derartigen, auf der Oberfläche verbreiteten Ladung hier nicht in Betracht kommt. Dagegen ist die Möglichkeit nicht völlig ausgeschlossen, dass zwischen Theilgruppen von Molekülen eine Potentialdifferenz bestände und eine der Längenänderung proportionale Elektricitätsmenge vom höheren zum niederen resp. vom niederen zum höheren Niveau getrieben würde. Immerhin bleibt es jedoch unwahrscheinlich, dass das Gleichgewicht des unerregten Muskels durch eine dritte Energie mitbedingt werde.

Eher könnte dieses im erregten Zustande der Fall sein, da mittels des chemischen Processes Einwirkungen von der Art der elektrodynamischen entstehen können. Doch dürfte auch hier wohl die Vermuthung näher liegen, dass das eigentliche Wesen der Erregung in einer Formänderung des wahren Wärmeinhaltes bestehe, vermöge deren der Wärmezug und Werkdruck bei isomerer Constitution der contractilen Substanz der Grösse nach geändert oder gar in ihren Richtungen vertauscht werden.

Uebrigens kann das grosse Problem der Muskelcontractilität durch Betrachtungen, wie die vorliegende, nur hinsichtlich der Fragestellung gefördert werden. Wer dieses für einen allzu spärlichen Gewinn hält, sei an das Wort Heraklit's erinnert:

Χρυσον οἱ διζημενοι γην πολλην ὀρυσσουσι και εὑρισκουσιν ὀλιγον.

Ein Beitrag zur Theorie des Schlafs.

Von

Dr. **Adolf Strümpell**,
Assistent an der med. Klinik zu Leipzig.

Im Herbst des vorigen Jahres 1876 wurde auf die medicinische Klinik zu Leipzig ein 16jähriger Junge aufgenommen, bei welchem sich allmählich eine Anzahl von Sensibilitätsstörungen in solcher Ausdehnung entwickelte, wie sie nur äusserst selten zur Beobachtung kommt. Die Haut der gesammten Körperoberfläche war für alle Qualitäten der Empfindung vollkommen anästhetisch. Die stärksten electrischen Ströme, eine brennende an die Haut gehaltene Kerze waren nicht im Stande, Schmerz oder auch nur eine Berührungsempfindung hervorzurufen. Die gleiche Anästhesie zeigten fast alle zugänglichen Schleimhäute des Körpers. Auch die unter dem Namen des „Muskelgefühls" zusammengefassten Empfindungen fehlten durchaus. Der Kranke konnte bei geschlossenen Augen im Zimmer umhergetragen werden, seinen Gliedern konnten die unbequemsten Stellungen gegeben werden, ohne dass er eine Ahnung davon hatte. Selbst das Ermüdungsgefühl in den Muskeln war verloren. Dazu kam aber noch eine vollständige Geschmacks- und Geruchslähmung, eine Amaurose des linken Auges und Taubheit des rechten Ohrs.

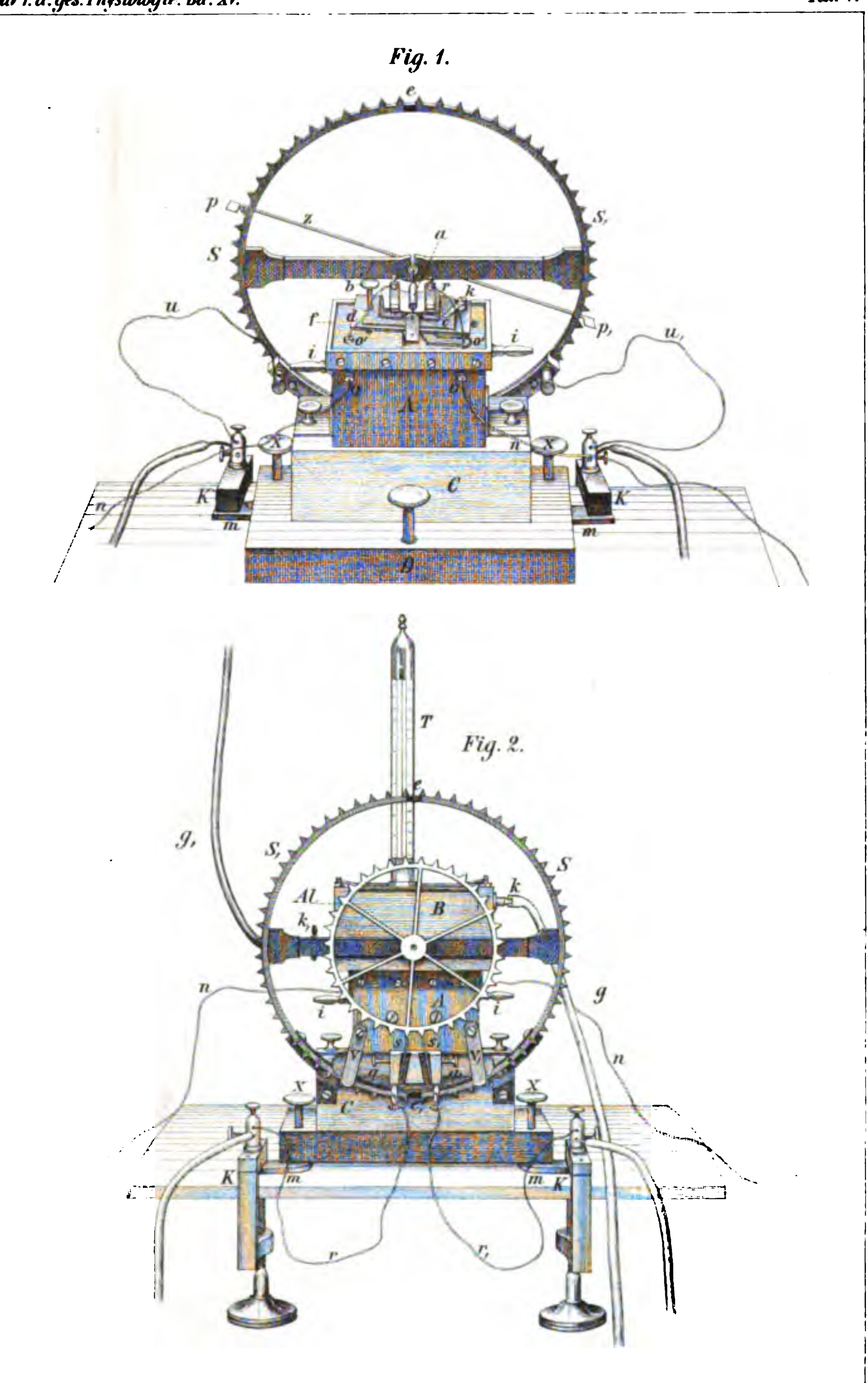
Man hatte es also, kurz gesagt, mit einem Individuum zu thun, welches mit der Aussenwelt nur noch durch zwei Sinnespforten in Verbindung stand, durch sein eines (rechtes) Auge und sein eines (linkes) Ohr. Auch diese beiden letzten Pforten konnten leicht jederzeit versperrt und so die Folgen einer vollständigen Isolirung des Gehirns von allen äussern sensiblen Reizen beobachtet werden.

Ich habe diesen Versuch häufig gemacht, ihn oft Andern demonstrirt und stets mit demselben Erfolg. Wurde dem Kranken sein sehendes Auge verbunden und sein hörendes Ohr verstopft, so liessen nach wenigen (gewöhnlich 2—3) Minuten die anfänglichen Aeusserungen der Verwunderung und die unruhigen Be-

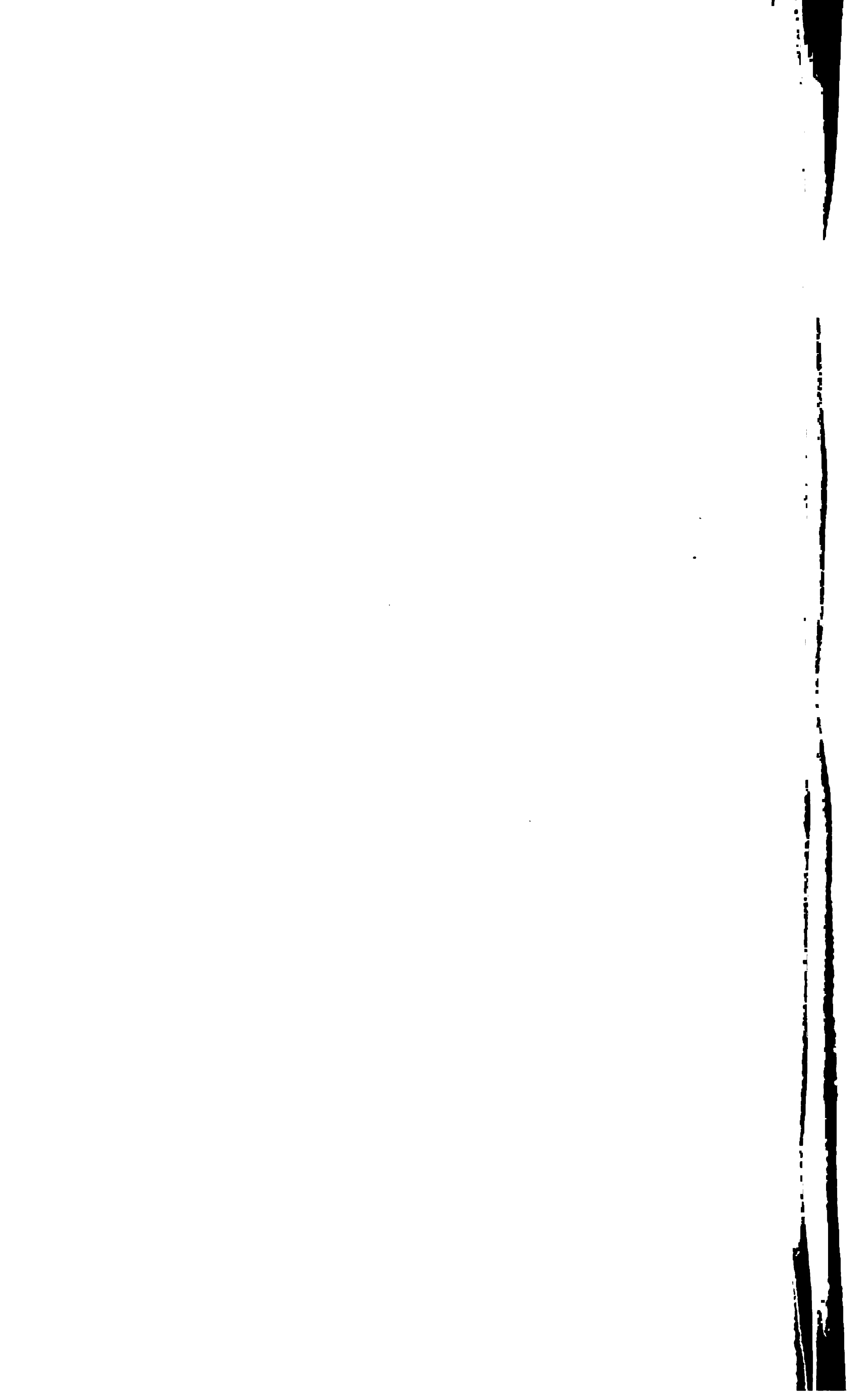
wegungen nach, die Athmung wurde ruhig, regelmässig — der Kranke war tief eingeschlafen. Mithin war hier die Möglichkeit realisirt, ein Individuum blos durch Abhaltung aller sensiblen Erregungen des Gehirns zu jeder Zeit künstlich sofort in Schlaf zu versetzen.

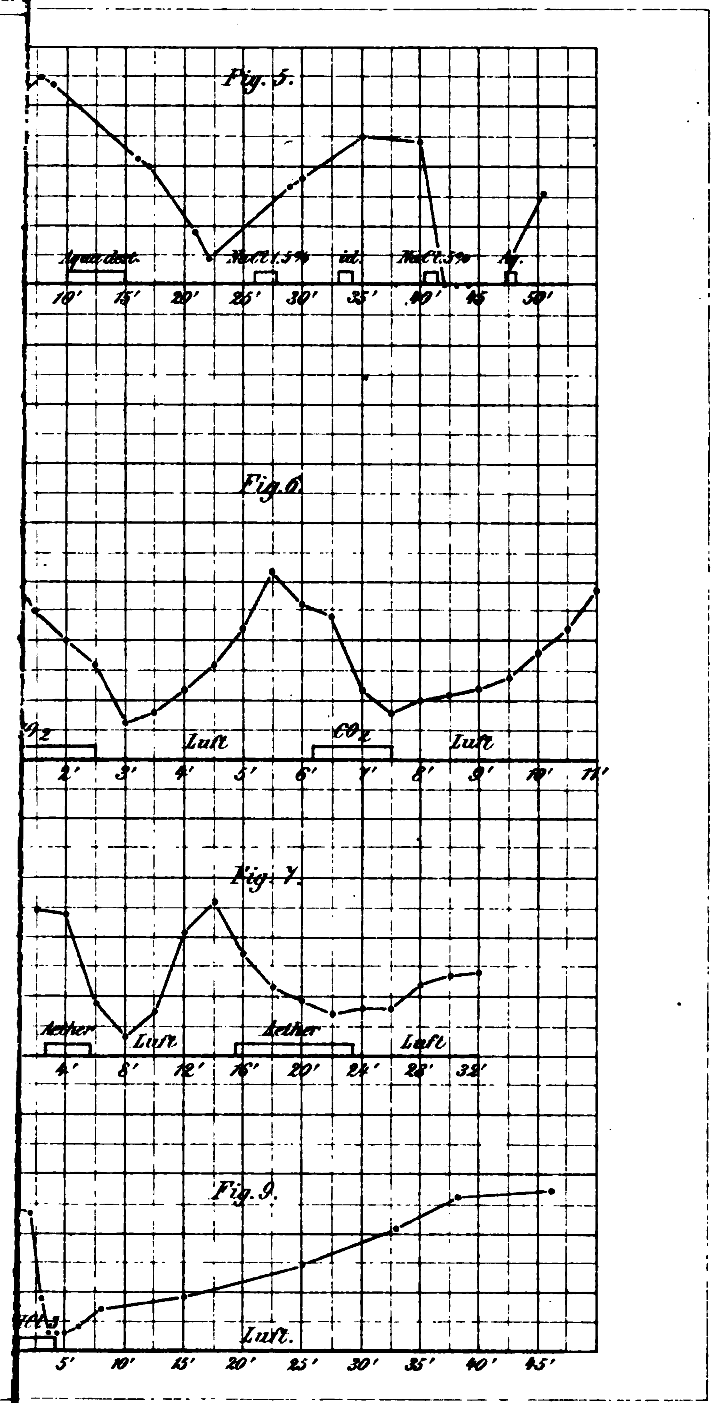
Interessant, wie das Einschläfern, war auch das Erwecken des Kranken. Nur durch einen Gehörsreiz z. B. einen Ruf in sein hörendes Ohr oder durch einen in sein sehendes Auge fallenden Lichtreiz, aber durch kein Rütteln und Schütteln war er zu erwecken. Blos, wenn er sich selbst überlassen blieb, wachte er am Tage nach mehrstündigem Schlaf „von selbst" auf, sei es durch „innere Reize", sei es bei der zunehmenden Erregbarkeit des Gehirns durch geringe nicht zu vermeidende äussere Reize, welche seine noch funktionirenden Sinne trafen.

Die ausführliche Mittheilung des Falls wird an einem andern Orte erfolgen. Hier wollte ich nur auf Wunsch des Herrn Prof. Pflüger die Beobachtung des Einschlafens kurz mittheilen, deren nahe Beziehung zu der zuerst von Pflüger aufgestellten Theorie des Schlafs auf der Hand liegt.

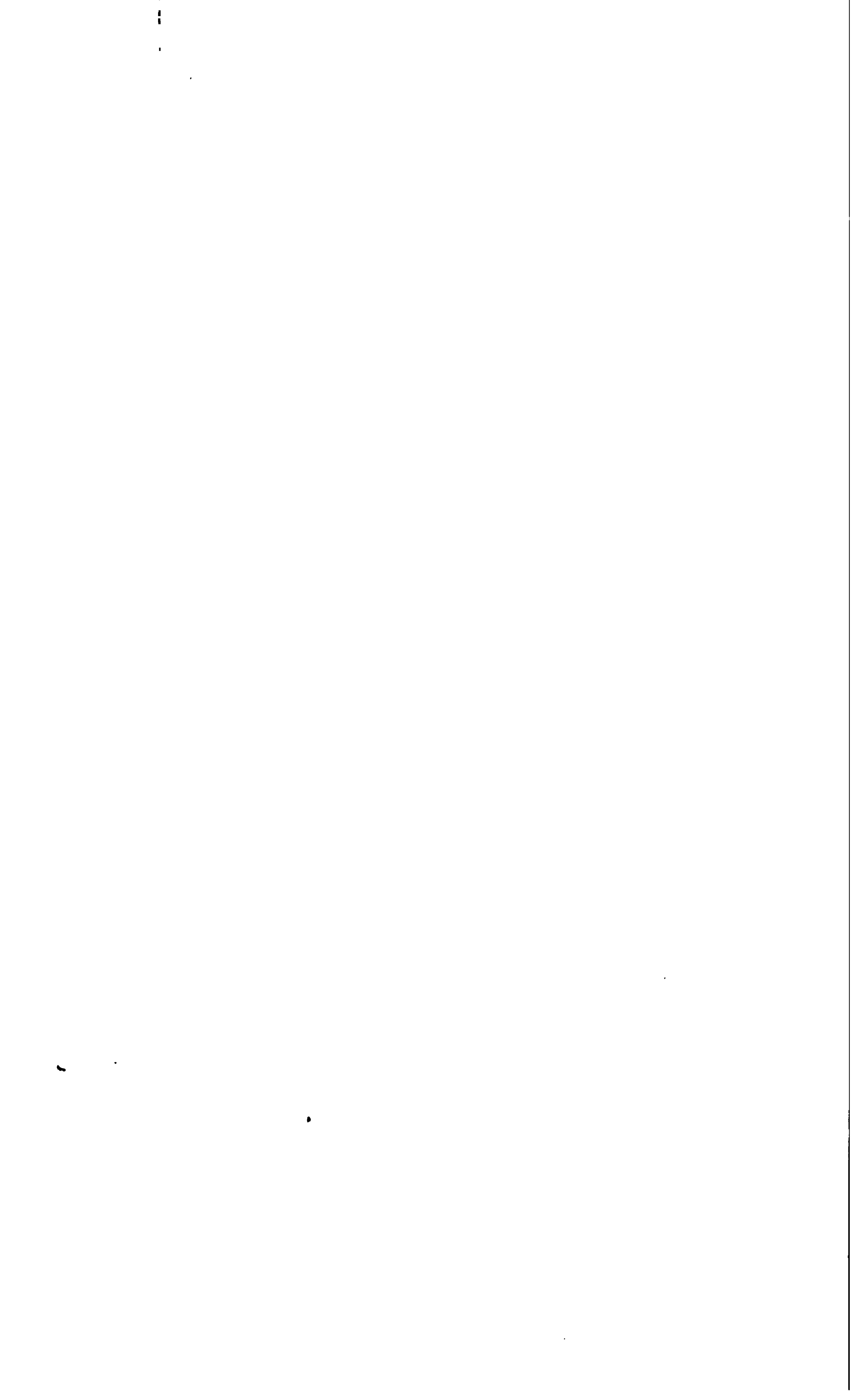


Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig





Lith. Anst. v. J. C. Bach Leipzig





Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.



ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFZEHNTER BAND.

ZWÖLFTES HEFT.

MIT 1 HOLZSCHNITT.

BONN, 1877.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN

(FR. COHEN).





Ausgegeben den 23. November 1877.

Inhalt.

Seite

Die Herren Mitarbeiter

erhalten pro Druckbogen 30 M. Honorar

und 40 Separatabdrücke gratis.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Halle.)

Versuche zur Innervation der Blutgefässe.

Unter Mitwirkung der Herren

Dr. **R. F. Marchand** und Stud. med. **K. Schoenlein,**

ausgeführt von

Julius Bernstein.

Nachdem durch Versuche von Goltz[1]) und durch die nachfolgenden Versuche von Ostroumoff[2]), von Kendall und Luchsinger[3]) festgestellt worden war, dass die Reizung des Hüftnerven bei Thieren neben der schon früher bekannten, von Putzeys und Tarchanoff[4]) bestätigten, Temperaturabnahme unter Umständen eine Temperaturerhöhung zur Folge haben kann, hat man sich, wie es scheint, übereinstimmend zu der Ansicht geeinigt, dass es zweierlei Gattungen vasomotorischer Nerven gebe, „Gefässverengerungs-" und „Gefässerweiterungs-Nerven", welche allgemein im Körper verbreitet seien. Die Reizung eines Nervenstammes, welcher beide Gattungen enthielte, würde daher zwei einander entgegen wirkende Thätigkeiten hervorrufen, von denen bald die eine bald die andere überwiege. Günstig für das Uebergewicht der Erweiterungsnerven sind nach den Versuchen von Ostroumoff, von Luchsinger und Kendall erstens ein gewisser Zustand der Degeneration, der etwa 3—4 Tage nach der Durchschneidung am peripherischen Stumpfe auftrete, zweitens die rhythmische Reizung mit einzelnen Inductionsschlägen, drittens eine verhältnissmässig schwache Reizung, während am frisch durchschnittenen Nerven eine stärkere namentlich tetanisirende Reizung in Uebereinstimmung mit den älteren Erfahrungen fast immer eine Verengerung der Gefässe resp. Temperaturabnahme bewirke. Doch ist es den genannten Beobachtern auch geglückt, am frisch durchschnittenen

1) Dieses Archiv. Bd. IX. S. 174 und Bd. XI. S. 52.
2) „ „ Bd. XII. S. 224.
3) „ „ Bd. XIII. S. 197.
4) Reich. du Bois, Archiv. 1874. S. 371.

Nerven durch rhythmische Reizung eine Temperatursteigerung zu erzielen. Diese Resultate würden zu dem Schlusse führen, dass die Erweiterungsnerven erregbarer seien als die Verengerungsnerven, dass sie nicht so schnell degeneriren wie diese und dass sie für rhythmische Reize ganz besonders empfänglich seien.

Vergleicht man nun die eben genannten Versuche mit den ihnen vorangegangenen Versuchen von Goltz, so fallen einige wichtige Unterschiede in den Versuchsbedingungen sofort in die Augen. Goltz bereitet die Thiere in der Art zum Versuch vor, dass er ihnen zuerst das Rückenmark in der Höhe des ersten Lenden- oder letzten Brustwirbels durchschneidet, nach Verlauf mehrerer Tage den N. ischiad. an einer Seite durchtrennt und dann mehrere Tage wartet, bis die durch die Operationen in der Extremität hervorgerufenen Temperatursteigerungen nachgelassen und einer meist beträchtlichen Abkühlung Platz gemacht haben. In vielen Versuchen ist daher die Anfangstemperatur der Pfote unter 30°, oft sogar unter 20° C. und steigt dann mit der Reizung des Nerven um enorme Werth von 5—10 selbst 18° C., bis meistens eine Temperatur von 35—38° erreicht ist. Ferner bevorzugt Goltz in auffallender Weise die mechanische Reizung, die er durch fortschreitendes „Kerben“ des Nerven von oben nach unten mit der Scheere bewerkstelligt, während die elektrische Reizung ihm keine so günstigen Resultate zu geben scheint. Er unterlässt es ferner, die Thiere mit Curare zu lähmen und erwähnt auch häufig, dass die Kerbung des Nerven Zuckungen in der Extremität erzeugten.

Die vorhin genannten Beobachter dagegen übergehen die von Goltz vorangeschickte Rückenmarksdurchschneidung, und führen ihre Versuche am frisch durchschnittenen oder einige Tage nach der Durchschneidung am degenerirenden Nerven aus. Sie bedienen sich der Vorsichtsmassregel, die Thiere durch Curare zu lähmen, um den Einfluss der Zuckungen auszuschliessen, sie wenden ferner fast ausschliesslich elektrische Reizung an. Die Temperatursteigerungen aber, welche sie erhalten, stehen in ihrer Grösse weit hinter den Goltz'schen zurück, betragen meist 1—2°, selten mehr, und meist liegt dem entsprechend die Anfangstemperatur der Pfote über 30° [1]).

1) Nur in einem Falle findet Ostroumoff am degenerirenden Nerven bei tetanischer Reizung eine Steigerung um 12,5° C., nachdem im Laufe des Versuchs die Temperatur der Pfote auf 25,10° herabgesunken war. S. 230.

Den Einfluss dieser verschiedenartigen Versuchsbedingungen a priori zu beurtheilen ist nicht gut möglich. Wir beabsichtigten daher, uns durch eigene Anschauung von der Einwirkung der Nerven auf die Gefässe zu überzeugen, und begannen damit die Goltz'schen Versuche genau nach seinen Angaben zu wiederholen.

Ist man in der angegebenen Weise verfahren, und hat nach der Rückenmarksdurchschneidung und der Nerventrennung so lange gewartet bis die Temperatur der Hinterpfoten stark gesunken ist, so ist man von dem eklatanten Erfolge des Kerbversuches in der That überrascht, denn es gelingt dann meist Steigerungen der Temperatur von unter 20 oder 15° bis gegen 30° und darüber zu beobachten. Je niedriger die Anfangstemperatur der Pfote ist, desto bedeutender ist naturgemäss dieser Erfolg, und um diese günstige Bedingung herzustellen, liessen wir die Thiere während des Winters im ungeheizten Raume sich aufhalten und stellten die Versuche auch in diesem Raume an. Wie vorauszusehen, hatte die Temperatur des Raumes meist einen sichtlichen Einfluss auf die Temperatur der Pfoten, besonders auf die der gelähmten Hinterbeine, weniger auf die der gesunden Vorderbeine. Da in den früheren Versuchen auf diesen Umstand nicht genügend geachtet worden ist, so führen wir einige Versuche mit Angabe der Zimmertemperatür etwas ausführlich an.

A.

Versuch III. 21. 3. 77.

Graue Bulldogge. 11 h. V. wird das Rückenmark am letzten Brustwirbel durchschnitten.

Dat.	Zeit.	Zimmer-temp.	Temperatur der Pfoten. hinten rechts.	vorn rechts.	Bemerk.
21/3. 77.	11 h. 10' V		31° C.	26,8° C.	
23/3.	11 h. 10' V	7,5° C.	15,0	12,9	
			hinten links.	vorn links.	
24/3.	4 h. 25' N	15	15,8	25,7	
25/3.	10 h. 58' V	14	20,3	30,5	Das Thier hat am Ofen gelegen. Maul 35,9 Rectum 37,6.
			hinten rechts.	hinten links.	
26/3.	1 h. 4' N	8,75	13,0—13,5	11,9	
	„ 20.				Durchschneidung des rechten N. ischiad.
			hinten rechts.	hinten links.	
	„ „		13,6	—	
	„ 21		13,9	12	
	„ 22		14,6	12	

Dat.	Zeit.	Zimmer-temp.	Temp. d. Pfoten. h. r.	h. l.[1])	Bemerk.
26/3. 77.	1 h. 23 N.		15,9	12	
	„ 24		17,8	12	
	„ 25		19,2	12	
	„ 26		20,2	12	
	„ 30		23,3	12	
	„ 35		25,4	11,8	
	„ 48		27,0	11,4	
	„ 50		26,8	—	
27/3. 77.	3 h. 58 N.	11,25	13,2	14,4	
28/3.					Hinterkörper seit mehreren Tagen
„	11 h. 45 V.		12,1	12,2	stark abgemagert. Oberschenkelwunde schlecht.
„	„ 48		12,0	—	Der rechte Ischiad. (periph. Stumpf)
28/3.	„ 49		12,2	12,1	wird aus der Wunde herausgelöst,
	„ 50		12,6	12,1	an einem Faden festgebunden
	„ 55		16,3	12,1	(Zuckung) und wieder zurückge-
	12 h.		19,4	12,1	legt.
	„ 16		24,6	12,1	
	„ 18				Die Ligatur vom Nerven abge-
	„ 20		25,0	12,2	nommen.
	„ 25		25,1	12,3	Neue Ligatur an derselben Stelle
	„ 26		25,1	12,3	(minim. Zuck.). Nerv eingelegt.
	„ 30		26,6	12,3	
	„ 35		27,3	12,3	
	„ 37				Der Nerv wird am Faden heraus-
	„ 38		27,4	12,3	gezogen.
	„ 39		27,5	—	
	„ 40		27,5	—	Kerbversuch rechts,
	„ 41		27,8	12,4	starke Zuckungen.
	„ 42		28,1	—	Pause.
	„ 44		29,8	12,4	
	„ 47		30,2	—	
	„ 48		30,3	—	
	„ 49		30,4	—	Neue Kerbung, Zuckung.
	„ 50		30,6	12,4	

Dat.	Zeit.	h. l.	h. r.	Bemerk.
				Durchschneidung des linken Ischiad., Ligatur, eingelegt.
28/3.	1 h. 2	14,3	—	
	„ 3	14,3	—	
	„ 5	14,7	—	
	„ 10	16,1	—	
	„ 15	17,2	—	
	„ 20	18,4	—	
	„ 23	18,9	—	
	„ 24	19,0	—	Kerben links,
	„ 25	19,3	—	mit Pausen.
	„ 30	22,5	—	
	„ 35	24,9	22,6	
	„ 40	25,9	—	
	„ 45	27,5	—	
	3 h. 55	22,8	18,8	

6/4. 77. Rückenmark (Alkoholpraep.) untersucht, Trennung vollständig.

---

1) h. = hinten, v. = vorn, r. = rechts, l. = links.

Versuch V. 11. 4. 77.

Gelbbrauner Box. 12 h. 30. Rückenmark am 11. Brustwirbel durchschnitten.

Dat.	Zeit.	Zimmer-temp.	Temp. d. Pfoten. l. h.	l. v.	Bemerk.
12/4.	11 h. 10 V.	13,75	31,2	17,1	
			l. h.	r. h.	
			28,6	27,8	
	11 h. 23		26,8	—	link. Ischiad. durchschnitten.
	„ 25		26,4	25,7	
	„ 30		25,6	24,4	
	„ 40		23,7	22,1	
	:		:	:	
	8 h. 46 N.		37,8	36,7	
13/4.	12 h. 40	12,5	36,8	35,6	
14/3.	11 h. 2 V.		33,3	22,5	Rectum 38,8
15/3.	10 h. 42 „		12,6	15,0	
	„ 49		12,2	14,0	Der linke Ischiad. wird unterhalb
	„ 52		12,2	13,7	des entzündeten Stückes im nor-
	„ 57		13,0	13,2	mal aussehenden Gewebe durch-
	11 h. 2		13,7	12,7	schnitten.
	„ 7		14,3	12,4	
	„ 12		14,3	12,1	
	„ 17		14,1	11,8	
	„ 18		14,0	11,8	Kerben des linken
	„ 19		13,9	11,7	peripherischen
	„ 21		15,9	11,6	Stückes.
	„ 25		19,2	11,6	
	„ 30		24,9	11,5	
	„ 35		28,1	11,3	
	„ 40		32,0	11,3	
	„ 46		33,3	11,5	Rechter Ischiad. wird durchschnitten.
	12 h. —		31,0	12,5	
16/4.	12 h. 7	8,1	< 11,0	10,1	
	„ 12				Durchschneidung des rechten
	„ 13		< 11,0	9,9	Ischiad. an der Peripherie im normalen Gewebe.
	„ 18		< 11,0	9,8	Kerben des peripher. Stumpfes.
	12 h. 26		< 11,0	9,8	Herausnahme des Mittelstückes.
	„ 35		< 11,0	9,8	

Thier getödtet.

Versuch VI. 12. 4. 77.

Schwarzweisser Affenpintscher. 12 h. Rückenmark zwischen 9ten und 10ten Brustwirbel durchschnitten.

Dat.	Zeit.	Zimmer-temp.	Temp. d. Pfoten. h. r.	v. r.
13/4.	12 h. 30 N.	11,25	38,2	18,8
			h. l.	v. l.
14/4.	„		32,8	14,8
			h. l.	v. r.
16/4.	11 h. 25	8,1	24,8	25,8

Dat.	Zeit.	Zimmer-temp.	Temp. d. Pfoten. h. l.		h. r.	Bemerk.
16/4.	11 h. 53		24,0		11,6	Durchschneid. des linken Isch.
	„ 55		23,2		11,6	
	12 h. —		28,0		11,6	Durchschn. des rechten Ischiad.
	„ 5		31,4		12,0	
	„ 10		33,8		11,85	
	„ 20		34,6		11,6	
	„ 30		33,9		11,3	
18/4.	10 h. 51	8,75	13,5		10,7	
	„ 55		12,9		10,4	
	11 h. 1		12,6	<	10,5	Zweite Durchschneid. des linken Ischiad in der Kniekehle. Zuckung.
	„ 6		12,4	„	„	
	„ 13		13,0	„	„	
	„ 23		13,0	„	„	
	„ 25		13	„	„	Kerben des linken peripherischen Stumpfes.
	„ 27		13,1	„	„	
	„ 30		14,0	„	„	
	„ 35		18,4	„	„	
	„ 40		22,8	„	„	
	„ 50		26,9	„	„	
	12 h. —		29,0	„	„	
	„ 10		30,0	„	„	
	„ 15		29,7	„	„	Das Mittelstück des Nerven wird ausgeschnitten.
	„ 20		29,0	„	„	
	„ 35		26,1	„	„	
	„ 39		24,1	„	„	Kerbversuch am rechten Ischiad. in ganzer Länge
	„ 45		23,5	„	„	
	„ 50		23,0	„	„	
	„ 55		22,6		11,0	
	1 h. —		21,5		17,4	
	„ 5		20,6		22,3	
	„ 15		19,1		27,5	
	„ 25		17,6		30,1	
	„ 35		16,2		33,2	
	„ 40		15,8		32,9	
	3 h. 35		13,4		23,8	

Thier getödtet.

Starke Auflagerungen auf der Dura mater ober- und unterhalb der Verletzung des Markes. Trennung vollständig.

Aus diesen Versuchen ist der Einfluss der Zimmertemperatur auf die Temperatur der Pfoten ersichtlich. In Versuch III zeigte das Thier 5 Tage nach der Rückenmarkstrennung hinten rechts 20,3°, nachdem es im Zimmer von 14° am Ofen gelegen, und nach einigen Stunden im Zimmer von 8,75° C. nur 13,0° C. Auch im Versuch V erreichten wir bei etwa 12° C. Zimmertemperatur noch Anfangstemperatur der Pfoten von 12,2 und 14° C.

Wir bemerkten wie Goltz, dass schon die erste mechanische Reizung, das Anbinden eines Fadens eine Temperatursteigerung bewirkt, aber nie in dem Maasse wie das nachfolgende Kerben

des Nerven. Wir haben ferner (V und VI) den Versuch so abgeändert, dass wir nach vorangegangener Rückenmarks- und Ischiad.-Durchschneidung den peripherischen Stumpf nicht an seinem oberen stark entzündeten Ende kerbten, sondern ihn tiefer unten in der Kniekehle, wo er noch ein normales Aussehen besass, durchschnitten. Auch hierauf folgte eine Temperaturerhöhung von etwa 1—2°, aber erst wenn das noch übrige peripherische Stück gekerbt wurde, trat die gewöhnliche excessive Temperatursteigerung ein, wie sie bei der Kerbung des ganzen Nerven beobachtet wird. Daraus ging hervor, dass nicht etwa die mechanische Reizung des entzündeten degenerirenden Nerven besonders temperaturerhöhend wirkt, sondern auch die des nicht entzündeten und vermuthlich noch ganz normalen Nerven. Der Vorgang der Entzündung, durch welchen der Nerv am Schnittende in grösserer Ausdehnung stark anschwillt und sich stärker mit Blutgefässen injicirt, ist also keineswegs die Ursache des bei der Reizung beobachteten Erfolges. Diese Möglichkeit musste, bevor wir weiter vorgingen, ausgeschlossen werden.

Hervorzuheben ist, dass wir in allen Fällen bei jedem Schnitt am Nerven Zuckung am Unterschenkel eintreten sahen, was auch Goltz bei einigen seiner Versuche besonders erwähnt. Niemals war in 3—5 Tagen nach der Ischiad.-Durchschneidung die Degeneration so weit vorgeschritten, dass die Zuckungen bei der Nervenreizung ausblieben. Noch länger zu warten aber verbietet die Gefahr, dass auch die Gefässnerven von der Degeneration ergriffen werden und der Erfolg dann zweifelhaft wird.

Welchen Einfluss nun die Zuckungen bei den angeführten Versuchen ausüben, lässt sich von vornherein schwer sagen. Muskelzuckungen können erstens an sich Temperaturerhöhungen durch Wärmeentwicklung bewirken, zweitens aber wird namentlich bei periodischer Muskelcontraktion der Blutstrom in den Venen durch periodische Compression nicht unbedeutend befördert und so die Blutcirculation in einem bestimmten Körpertheil nicht unwesentlich beschleunigt. Durch beide Umstände erklärt es sich wohl, dass wenn wir beim Liegen oder Sitzen in einem kalten Raume in den Füssen Kälte empfinden, wir schon durch wenige Schritte eine merkliche Erwärmung derselben herbeiführen können.

Es war also absolut erforderlich, die Muskelzuckungen gänzlich auszuschliessen, und wir wiederholten aus dem Grunde den

Goltz'schen Kerbversuch unter der Vorsicht vollständiger Curaresirung mit allen oben angegebenen Vorbereitungen. Wir führen folgende Versuche an.

B. Curare.

Versuch VII. 13. 4. 77.

Kleiner schwarzer Hund. 11 h. 30 V. Rückenmark am letzten Brustwirbel durchschnitten.

Dat.	Zeit.	Zimmer-temp.	Temp. d. Pfoten. l. h.	l. v.	Bemerk.
	12 h. —	12,5	37,5	18	
14/4.	„	—	33,9	15,8	
16/4.	12 h. 47	10.0	22,7	26,8	
	„ 53		25,2	24,4	
			l. h.	r. h.	
	1 h. 3		28,6	30,2	
	„ 15		32,5	30,6	
	„ 18		30,6	29,0	linker Ischiad. freigelegt.
	„ 20		32,6	29,0	linker Nerv durchschnitten.
	„ 22		34,7	28,8	rechter Ischiad. durshschnitten.
	„ 23		35,2	30,1	
	„ 34		35,4	34,1	
19/4.	11 h. 10	8,75	28,6	19,0	
	„ 16		30,5	21,0	
	12 h. 30		18,3	20,6	
	„ 33		18,0	20,6	
	„ 35		—	—	Kerben des rechten Ischiad.
	„ 36		18,0	23,6	
	„ 37		17,8	25,6	
	„ 40		18,1	29,9	
	„ 50		16,8	30,8	
	„ 52		16,7	31,3	
			l. h.	r. h.	Curaresirnug des Thieres.
	1 h. —		16,3	30,5	
	„ 17		15,6	27,8	
	„ 47		—	—	Reflexe im Vorderkörper verschwunden, im Hinterkörp. noch merklich.
	2 h. 7		12,7	19,2	Linker Nerv wird gekerbt, minimale Zuckungen.
	„ 9		13,0	—	
	„ 12		14,7	18,0	
	„ 15		17,4	18,7	
	„ 17		19,4	—	
	„ 25		22,1	18,2	
	„ 30		21,4	17,6	

Versuch VIII. 2. 5. 77.

Kleiner grauer Hund. Rückenmark am letzten Brustwirbel durchschnitten. Beide Ischiad. werden durchschnitten.

4/5. hinten 34,8, vorn 12,6

Die Hinterbeine werden in ein Wasserbad von 12° getaucht, und bleiben während des ganzen Versuches mit eingebundenen Thermometern liegen.

Linker Ischiad. wird freigelegt.

Dat.	Zeit.	Wasser-temp.	Temp. d. Pfoten. r. h.	l. h.	Bemerk.
4/5.	11 h. 49 V.	12°	13,8	13,4	
	„ 52		13,2	24,5	
	„ 55		13,0	27,6	Kerben des link. Isch., Zuckungen.
	„ 57		13,0	27,8	
	12 h. —		13,3	29,5	
	„ 1		13,4	31,0	
	„ 4	13,9	13,6	31,4	
	„ 25	14,1	15,1	17,7	
	„ 38		—	—	Curaresirung.
	1 h. —	14,7	15,7	26,2	rechten Ischiad. freigelegt.
	„ 5		17,2	24,2	
	„ 15		16,9	—	Kerben des rechten Ischiad., minimale Zuckungen.
	„ 20		28,0	—	
	„ 25	16	29,8	—	

Versuch IX. 4. 5. 77.

Grosser schwarzweisser Neufundländer. Rückenmark am letzten Brustwirbel durchschnitten.

Dat.	Zeit.	Temp. d. Pfoten. h. r.	v. r.	Bemerk.
5/5.	8 h. 20 V.	36,8	31,5	
9/5.	—	—	—	Beide Ischiad. werden durchschnitten.
		h. l.	h. r.	Curaresirung.
	9 h. 18	35,2	32,6	
	10 h. 1	29,2	29,2	Die Hinterbeine in ein Wasserbad von 8,5° getaucht.
	„ 50	17,2	(17)	
	„ 58	22,5	—	Der linke Ischiad. wird herausgeholt.
	„ 59	23,7	—	Kerben des Nerven. Keine Zuckung.
	11 h. 1	28,3	—	
	„ 4	32,0	11,8	
	„ 7	32,5	—	
	„ 9	32,3	—	
	„ 17	—	—	Der rechte Ischiad. wird freigelegt.
	„ 19	—	11,5	
	„ 21	—	20,6	
	„ 24	—	—	Es werden Elektroden eines Schlitten unter den Nerven gelegt.
			29,1	
	„ 31	—	28,2	
	„ 46	—	28,6	Reizung, Rollen 150 mm., kleine Zuckung.
	„ 47	—	28,6	
	„ 50	—	28,6	Rollen 120, 10 einzelne Schläge.
	12 h. 14	29,6	27,5	
	„ 18	—	27,5	30 Schläge in 1 Min.
	„ 21	—	28,0	
	„ 25	—	26,2	Die Elektroden abgenommen.
	„ 28	26,8	25,5	
	„ 32	25,9	22,2	42 Schläge in 1 Min. Keine Zuckung.
	„ 36	—	19,8	

Dt.	Zeit.	Temp. der Pfoten. h. l.	h. r.	
9/5.	12 h. 37	25,1	19,4	
	„ 38	24,3	18,7	
	„ 40	—	18,3	Kerben des rechten Nerven.
	„ 42	23,8	25,5	
	„ 43	22,4	28,0	
	„ 44	22,4	29,3	
	„ 48	19,7	30,5	

In den obigen Versuchen waren Zuckungen beim Kerben des Nerven entweder gar nicht bemerkbar oder doch auf ein Minimum reducirt. Nichtsdestoweniger traten die Temperatursteigerungen mit derselben Präcision und in derselben Grösse bis zu 10 und mehr Graden ein, wie an unvergifteten Thieren. Zwei von diesen Versuchen wurden bereits in der wärmeren Jahreszeit angestellt, und da die Temperatur in den gelähmten hintern Extremitäten in Folge dessen nicht schnell genug sinken wollte, in einem Versuch sogar nach 6 Tagen noch 32—35° betrug, so wendeten wir ein durch Eis gekühltes Wasserbad an, in welches die hintern Extremitäten des auf dem Bauch gelagerten Thieres gleichmässig bis zum Knie eintauchten. Die zwischen den Zehen eingebundenen Thermometer blieben während des ganzen Versuchs in ruhiger Lage unter Wasser liegen und konnten dort abgelesen werden. Auf diese Weise gelang es in einem Falle die Temperatur der Pfoten von 34,8 auf 13,8 und 13,4 herabzudrücken, in einem andern Falle von 35,2 innerhalb 1 h. 32′ auf 17,2 und nach etwa 2 h. von 32,6 auf 11,8°. Die Temperatur war daher immer im Sinken begriffen bevor die Reizung vorgenommen wurde und der Erfolg um so prägnanter.

Nachdem wir nunmehr das Mittel der Abkühlung durch ein Wasserbad erprobt hatten, stellten wir uns folgerichtig die Frage, ob denn jene vorbereitenden Operationen die Durchschneidung des Rückenmarks und des Ischiad., die nach den Angaben von Goltz mehrere Tage vorangehen sollen, zum Gelingen des Versuches überhaupt erforderlich seien, und ob nicht etwa das Wasserbad allein genügen würde, um den Kerbversuch am frisch durchschnittenen Nerven erfolgreich zu machen.

Fragt man sich nämlich nach der Bedeutung jener von Goltz geübten Rückenmarksdurchschneidung, so findet man sie erstens in dem Gange seiner Untersuchung begründet, da er den Einfluss der Nerven auf die Gefässerweiterung in den hinteren Extremitäten in seinen Versuchen über die Function des Lendenmarks zuerst beobachtete, zweitens hauptsächlich darin, dass die voll-

ständige Lähmung der hintern Körperhälfte ein günstiger Umstand für ein baldiges Sinken der Temperatur der hinteren Extremitäten ist, und drittens in dem Vortheil, dass die Thiere von den folgenden Operationen keinen Schmerz empfinden, ruhig liegen und dass keine Reflexe von der oberen Körperhälfte her stören. Ein andrer ursächlicher Zusammenhang aber zwischen der Rückenmarksdurchschneidung und dem angegebenen Erfolge des Kerbversuches konnte nach unsern Ueberlegungen nicht existiren.

Ganz ebenso aber schien es sich mit der mehrere Tage vorangeschickten Ischiad.-Trennung zu verhalten, die einen gewissen Zustand der Entzündung und Degeneration im Nervenstumpf erzeugt. Denn dieses Verfahren hat offenbar nur den Sinn, die nach der Operation eintretende Temperaturzunahme wieder verschwinden zu lassen, um weitere Steigerungen beobachten zu können, wie Goltz dies selbst bemerkt (l. c. p. 185. Bd. IX). Zwar beobachtet letzterer (p. 186) beim Versuch am frisch durchtrennten Nerven auch eine mässige Zunahme der Temperatur in der Pfote. Doch blieb es immer noch fraglich, ob jene eminenten Temperaturerhöhungen nicht dem degenerirenden Nerven allein zukämen.

In der That hat es sich ergeben, dass sowohl die Rückenmarksdurchschneidung als auch die vorangehende Ischiadicustrennung und dessen Degeneration vollständig überflüssige Versuchsbedingungen sind, wenn man nur dafür sorgt, dass die Temperatur der Pfote beim Beginn des Versuches durch Abkühlung genügend herabgesetzt wird, was am besten durch ein kaltes Wasserbad geschieht.

Wir müssen an dieser Stelle erwähnen, dass von Lépine[1]) bereits Versuche angestellt worden sind, in welchen Abkühlungen und Erwärmungen der hintern Extremitäten durch Wasserbäder vorgenommen wurden, um unter dieser Bedingung den Einfluss der Nervenreizung auf die Temperatur der Pfoten zu untersuchen. Derselbe giebt an, dass in der Wärme immer eine Temperaturabnahme, in der Kälte immer eine Temperaturzunahme stattfinde. Leider aber haftet diesen Versuchen der bedenkliche Fehler an, dass die Extremitäten vor jedesmaliger Reizung aus dem Wasserbade herausgehoben wurden, wodurch schon an sich ein Steigen oder Fallen der Temperatur in obigem Sinne eintreten musste.

---

1) Mémoire lu à la Société de Biologie, séance du 4. mars 1876.

In unsern folgenden Versuchen haben wir daher besonders darauf geachtet, dass die Hinterbeine des Thieres mit eingebundenen Thermometern eine constante Lage unter Wasser beibehielten. Als Wasserbad diente ein 64 Cm. langer, 34 Cm. breiter und 16 Cm. hoher Zinkkasten, der fast bis zum Rande mit Wasser gefüllt wurde. Die Thermometer konnten gut von oben her abgelesen werden oder auch mit Hülfe einer an einem Tubus wasserdicht befestigten Lupe, die in das Wasser eingesenkt wurde. Wir führen folgende Versuche dieser Art an.

C. Ohne Rückenmarksdurchschneidung. Curare.

Versuch X. 26. 5. 77.

Hellgelber, sehr bissiger Affenpintscher. Zwei Spritzen (Pravaz) Curare (1 %) subcutan.

	Temp. d. Pfoten.		
11 h. 45.			Rechter Ischiad. durchschnitten.
12 h. —.			Hinterbeine im Wasserbad von 10° C.
	r. h.	l. h.	
12 h. 15	27,4	11,2	
„ 30	29,8	11,3	
1 h. —	26,0	11,6	
„ 11	24,7	11,7	Kerben des rechten Ischiad. Zuckungen vorhanden.
„ 13	25,5	—	
„ 16	26,5	—	
„ 18	27,4	—	
„ 19	27,6	—	
„ 23	26,8	—	

Versuch XI. 28. 5. 77.

Grosser schwarzer Wolfshund von 14,08 K. 6 Spritzen Curare. Die Hinterbeine im Wasserbad von 6° C.

11 h. 45. Durchschneidung des rechten Ischiad.

		Temp. d. Pfoten.			
	Wasserbad	r. h.		l. h.	Bemerk.
12 h. 5	6° C.	19,2		9,3	
„ 10		14,0		8,8	
„ 12		13,3		—	Kerben d. rechten Ischiad., schwache Zuckungen.
„ 13		15,0		—	
„ 14		17,3		—	
„ 15		22,3		8,8	
„ 17		25,9	$<$	8,0	
„ 18		27,4		—	
„ 21		28,2		—	
„ 25		28,3	$<$	8	Durchschneidung des linken Ischiad.
„ 28		27,5		12,6	
„ 31	6° C.	—		15,0	
„ 45	7° C.	22,0		23,3	
1 h. 8		—		20,4	Kerben des linken Ischiad. schwache Zuckungen.
„ 9		20,5		22,0	
„ 10		—		24,1	
„ 11	7,5	—		25,5	
„ 13		—		27,1	
„ 15		—		27,5	
„ 17		—		27,4	

Versuch XII. 29. 5. 77.

Gelber Affenpintscher von 6,83 K. 3 Spritzen Curare.

	Wasserbad.	Temp. d. Pfoten. r. h.		l. h.	Bemerk.
12 h. 9	8° C.	—		—	Rechter Ischiad. durchschnitten.
„ 14		32,0		27,0	
„ 22	7°	28,0		12,1	
1 h. 11	5°	21,0	$<$	10,0	Bewegungen, 1 Spritze Curare.
„ 20	3°	17,5	$<$	10,0	Elektrische Reizung, 20 Schliess- und Oeffnungsschläge, Rollen 80 mm.
—		17,2		—	
„ 26		16,1		—	
„ 28	2,5	13,6		—	
„ 30		12,4		—	30 Doppelschläge, Rollen 0, schwache Zuckungen.
—		11,7		—	
„ 32		16,4		—	
„ 34		21,3		—	
„ 36		23.2		—	
„ 37		23,0		—	
„ 41		23,1		—	
„ 43		23,0		—	Tetanische Reizung 3/4 Min., Rollen 60.
—		22,8		—	
—		22,9		—	
„ 49		21,8		—	Kerben des Nerven.
„ 50		22,3		—	
„ 52		22,5		—	
„ 53		22,3		—	

Versuch XIII. 30. 5. 77.

Kleiner Wachtelhund von 3,85 K. 2 Spritzen Curare.
Rechter Ischiad. durchschnitten. Wasserbad.

	Wasserbad.	Temp. d. Pfoten. r. h.		l. h.	Bemerk.
11 h. 8	5°	16,3	$<$	10,0	
„ 13		14,6	$<$	10,0	
„ 14		14,0		—	Tetanische Reiz. rechts 30″, Rollen 80. Keine Zuckung.
—		12,7		—	
„ 16,5		16,2		—	
„ 20		17,0		—	
„ 23		16,9		—	
„ 29	5°	16,8		—	Tet. Reiz. rechts 20″, Rollen 0.
—		16,5		—	
„ 31		20,0		—	
„ 32	5°	24,0		—	
„ 34		25,3		—	
„ 37		24,6		—	
„ 49		—	$<$	10,0	Link. Isch. wird durchschnitten.
12 h. 2		19,3	$<$	10,0	
„ 3		—		—	Tet. Reiz. links 20″, Rollen 50.
„ 5		18,0	$<$	10,0	(Rectum 29,4).
„ 13		—	$<$	10,0	Tet. Reiz. links 10″, Rollen 0.
„ 15		—		12,0	
„ 17		15,5		14,8	
„ 18		15,1		16,0	
—	6°	—		16,8	
„ 22		17,0		16,5	Der rechte Nerv am Faden befestigt.

	Wasserbad.	Temp. d. Pfoten. r. h.	l. h.	Bemerk.
12 h. 25		17,8	—	
„ 29		16,3	—	
„ 31		15,5	—	
„ 32		—	—	Rhythm. Reizung, 60 Schläge, 1 Min.
„ 33		17,0	—	Rollen 0.
„ 38		19,6	14,7	
„ 43		18,5	14,2	Links, rhythm. Reizung ebenso.
„ 44		—	15,0	
„ 46		—	16,0	
„ 49	6°	18,1	16,6	
„ 51		17,6	16,3	

Der Kerbversuch ergab auf beiden Seiten keine höheren Steigerungen. Körpertemp. 24,3, langsame schwache Herzschläge.

Versuch XIV. 31. 5. 77.

Kleiner schwarzer Hund von 3,35 K. Beide Ischiad. durchschnitten. Wasserbad. Zwei Spritzen Curare.

	Wasserbad.	Temp. d. Pfoten. r. h.	l. h.	Bemerk.
11 h. 55	5°	16,0	18,2	
12 h. 14		—	18,0	Links rhythm. Reiz., 20″ 20 Schläge,
„ 15		17,0	17,5	Rollen 0.
„ 18		—	18,7	
„ 19		—	19,1	
„ 20	5°	16,7	19,2	
„ 24		—	18,1	

In allen diesen Versuchen waren die Thiere durch Curare hinreichend gelähmt, so dass keine oder nur sehr schwache Zuckungen mit der Nervenreizung verbunden waren. Dann wurde die Ischiad.-Durchschneidung auf einer Seite vorgenommen, der peripherische Stumpf in grösserer Länge bis zur Kniekehle herausgelöst, ein Faden am obern Ende festgebunden und erstere wieder in die Wunde eingelegt, deren Haut mit Klemmpincetten geschlossen wurde.

Es begann nun die Abkühlung der hintern Extremitäten im Wasserbade, nachdem die Thermometer eingelegt waren. Constant sank die Temperatur an der operirten Seite, an welcher sie nach der Nerventrennung bedeutend gestiegen war, viel langsamer als an der gesunden Seite. Doch nach längerem Warten von $\frac{1}{2}$—1 Stunde erreichten wir mit Hülfe von etwa 5—8° kaltem Wasser eine hinreichend niedere Temperatur der Pfote oft bis unter 15°, von der aus die Reizung begonnen werden konnte, während die Temperatur noch im Sinken war. Beim Kerben des Nerven schoss nach wenigen Minuten das Thermometer der betreffenden Seite von ca. 15° und darunter mit grosser Schnelligkeit in die Höhe und erreichte oft Temperaturen bis in der Nähe von 25—30°,

während auf der andern Seite das Thermometer stehen blieb oder noch weiter sank. Wir beschränkten uns in diesen Versuchen nicht bloss auf die immerhin unvollkommene und rohe Art der mechanischen Reizung mittels Kerben des Nerven, sondern gingen nun auch zur elektrischen Reizung über, die entweder tetanisch oder rhythmisch mit einzelnen Schlägen ausgeführt wurden. In diesen Fällen wurde der Nerv in eine du Bois'sche Reizröhre an einem Faden eingezogen, der durch einen Kork im obern Ende der Röhre festgeklemmt wurde. Die Reizröhre selbst blieb in der Wunde, deren Hautränder daran festgenäht wurden, unverschieblich liegen.

Sowohl die rhythmische als auch die tetanische Reizung führten beide unter den angegebenen Bedingungen zu eben so bedeutenden Temperatursteigerungen wie die Kerbung des Nerven. Keineswegs waren es aber, wie man nach den Versuchen der oben genannten Beobachter erwarten sollte, die schwachen Reize, welche zu diesem Ziele führten, sondern erst Reize von mittlerer Stärke und am besten sogar die stärksten rhythmischen Schläge von übereinandergeschobenen Rollen, während schwächere Reize gar keine Veränderung der Temperatur erzeugten. Ein vor dem Steigen stattfindendes Sinken konnte hier nicht mit Sicherheit constatirt werden, da die Anfangstemperatur an sich schon niedrig und zudem immer im Sinken begriffen war. Trotzdem sprechen einzelne Fälle (Versuch XIII) für dieses nach früher bei höherer Anfangstemperatur angestellten Beobachtungen sehr wahrscheinliche Verhalten.

Also weder eine vorangegangene Rückenmarksdurchschneidung, noch ein gewisser Zustand der Degeneration des Nerven, noch die ausschliessliche Anwendung rhythmischer und verhältnissmässig schwacher elektrischer Reize ist erforderlich, um bei der Reizung des Nerven Temperaturerhöhung in den Extremitäten zu erzeugen. Vielmehr ist nur eine verhältnissmässig niedere Anfangstemperatur der Haut die einzige Bedingung, um durch jede beliebige wirksame Reizung des **frisch** durchschnittenen Nerven ein bald folgendes bedeutendes Steigen der Temperatur an der zugehörigen Extremität hervorzurufen.

Bei eingehender Durchmusterung unserer Versuche wird man Fälle vorfinden, in welchen die Nerzenreizung zu wiederholten Malen den angegebenen Erfolg hatte, nur war es nöthig nach jedesmaliger Temperatursteigerung eine genügende Abkühlung des

Beines eintreten zu lassen, in andern Fällen hatten die nachfolgenden Reizungen nicht mehr denselben, zuweilen auch keinen Erfolg mehr, was zum Theil dem Einfluss der anhaltenden Curaresirung auf die Gefässe, zum Theil der Abnahme der Kräfte des Thieres zugeschrieben werden muss. Auch war in einigen Fällen die Abkühlung des Thieres durch das Wasserbad eine zu starke, so dass die Körpertemperatur bedeutend sank.

Wir müssen nun noch besonders auf eine Eigenthümlichkeit der durch die Nervenreizung hervorgerufenen Temperatursteigerung aufmerksam machen. Sie besteht darin, dass letztere nach der Reizung sehr lange anhält und oft erst nach 15 Min. bis 30 Min. ihr Maximum erreicht. Dies ist besonders in den ersten Versuchsreihen hervortretend, in denen keine sehr starke Abkühlung oder gar keine angewendet worden ist, weil eine solche je stärker sie ist das Maximum um so mehr herabsetzen und das nachfolgende Sinken der Temperatur um so mehr beschleunigen wird. Geht man von vorn herein von der Voraussetzung aus, dass die Temperatursteigerung durch Reizung von gefässerweiternden Nerven verursacht wird, so könnte man sich denken, dass die Erregung dieser Nerven oder ihrer Endapparate die Reizung sehr lange überdauere. Eine so lange Nachwirkung der Erregung aber, wie sie hier vorläge, steht bis jetzt in der Nervenphysiologie ohne Analogon da und ist daher sehr unwahrscheinlich. Es kommt vielmehr hier erstens in Betracht, dass die neu hinzukommende Wärme einer gewissen Zeit bedarf, um sich der äusseren Hautfläche und dem Thermometer mitzutheilen. Doch dies dürfte wohl nicht ausreichen, um ein 30 Minuten anhaltendes Steigen der Wärme zu erklären. Es kommt hier vielmehr, wie mir scheint, ein zweiter Umstand in Betracht, welcher darin besteht, dass schon ein geringer Anstoss, der die Temperatur nur wenig in die Höhe treibt, genügt um einen sich selbst steigernden Process der Wärmeerhöhung wachzurufen.

Bekannt ist der direkte Einfluss der Temperatur auf die Gefässe, namentlich die der Haut. Gleichgültig, wie derselbe zu Stande komme, steht es fest, dass Wärmezunahme im Allgemeinen eine Erschlaffung, Wärmeabnahme eine Zusammenziehung der Gefässe bewirkt. Denken wir uns nun, dass bei niederer Hauttemperatur, während die Gefässe sich im Zustande der Verengerung befinden, eine mässige Temperaturzunahme, gleichgültig wodurch

sie erfolge, stattfinde, so wird dadurch eine mässige Erweiterung der Gefässe hervorgerufen werden können. Diese aber führt durch stärkeren Blutzufluss wieder eine gewisse Wärmemenge den Gefässen selbst zu, und indem diese dadurch wieder stärker erschlaffen und neue Wärmemengen durch das Blut zuführen, potenzirt sich dieser Vorgang bis zu einem Maximum, bei welchem ein kürzer oder länger dauernder Gleichgewichtszustand zwischen Wärmezunahme und Wärmeabgabe nach Aussen eintritt.

Nimmt man an, dass in unsern Versuchen ein solcher Vorgang von Einfluss ist, so würde sich daraus die Erscheinung der nach der Reizung sich noch lange fortsetzenden Temperatursteigerung erklären. Die unmittelbare Folge der Reizung braucht nur in einer mässigen Temperatursteigerung zu bestehen, resp. in einer Gefässerweiterung, die an sich bald vorübergehen würde, wenn jener Vorgang nicht hinzuträte; und es ist daher nicht nöthig, einen nach der Reizung abnorm langen Erregungszustand der Gefässnerven anzunehmen.

Man hat bisher allgemein stillschweigend die Voraussetzung gemacht, dass Temperaturerhöhung eines Körpertheils in den besprochenen Versuchen nur in Folge einer Gefässerweiterung auftrete, und hat aus der Temperaturerhöhung den Schluss gezogen, dass die Nervenreizung unmittelbar eine Gefässerweiterung bewirke, wofür man freilich in der Chorda tymp. für die Submaxillardrüse und in den nerv. erigent. für die Corp. cavern. sprechende Analogien hatte. Doch abgesehen davon, dass es sich hier um Organe besonderer Funktion handelte, von denen man keinen allgemein gültigen Schluss auf die Gefässe des ganzen Körpers machen konnte, blieb doch noch der strikte Nachweis zu führen übrig, dass die Gefässerweiterung der primäre Vorgang bei der Nervenreizung sei. Vielmehr konnte noch die Möglichkeit vorliegen, dass die Nervenreizung an sich eine vermehrte Wärmebildung in den zugehörigen Körpertheil hervorrufe und dass diese erst secundär von Gefässerweiterung begleitet sei, die wiederum der Wärmeproduction Vorschub leiste, und nach der obigen Auseinandersetzung sich selbst zu steigern im Stande sei. Kurzum, es könnten sogenannte „thermische Nerven“ existiren, deren Funktion es wäre, den Stoffwechsel in den Geweben zu erhöhen und dadurch eine Wärmebildung wachzurufen. Solche Nerven würden in die Categorie der bisher immer noch als hypothetisch anzusehenden „trophischen Nerven“ gehören.

Freilich wäre es eine Unmöglichkeit, so enorme Temperatursteigerungen, wie wir sie in den obigen Versuchen beobachtet haben, allein aus einer Wärmeproduction zu erklären, weil hierzu in verhältnissmässig kurzer Zeit eine sehr grosse Wärmemenge erzeugt werden müsste. Aber nach obiger Betrachtung würde schon eine mässige Wärmebildung hinreichen, um den ersten Anstoss zu einer allmählich vorschreitenden Gefässerweiterung zu geben, die durch stärkeren Blutzufluss wiederum eine vermehrte Wärmebildung begünstigte. Eine solche Wärmebildung durch Muskelthätigkeit ist zwar durch die Curaresirung gänzlich auszuschliessen, aber da sie auch in Drüsen durch Reizung ihrer Nerven unabhängig von der Circulation eintritt, so ist von vornherein die Möglichkeit nicht zurückzuweisen, dass sie auch in anderen Geweben durch Nervenreizung hervorgerufen werden könne.

Aus vorliegenden Gründen unternahmen wir es daher die Einwirkung der Nervenreizung auf die Gefässe anstatt durch das Thermometer am lebenden Thiere, direct auf hämodynamischem Wege am eben getödteten Thiere zu prüfen. Es wurden zu diesem Zwecke die Thiere zunächst hinreichend mit Curare vergiftet, dann meist künstliche Athmung so lange fortgesetzt, bis die Lähmung eine genügende war. Dann wurde ein Ischiad. präparirt, durchschnitten und in die Reizröhre eingezogen. Ferner wurde die art. und ven. crural. an derselben Seite freigelegt, und nun wurde dem Thiere am Halse das Blut abgelassen bis der Tod erfolgte. Das schnell defibrinirte und colirte Blut wurde nun durch die Extremität geleitet, indem ein etwa in 1$^1/_2$ Meter Höhe über dem Thiere befindlicher grosser Trichter, in welchen das Blut aufgegossen wurde, dieses durch einen Kautschuckschlauch und Canüle der Arterie zuführte, während es aus der mit Canüle und Schlauch versehenen Vene wieder ausfloss. Das zuerst aus der Extremität ausgetriebene Blut wurde nochmals geschlagen und filtrirt; sobald eine gewisse Portion durchgeflossen war, wurde sie geschüttelt und wieder in den Trichter aufgefüllt. Die geringen hierbei vorkommenden Schwankungen der Druckhöhe von einigen Centimetern konnten, wie die Beobachtung ergab, von keinem merklichen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Circulation sein.

Es erwies sich als sehr zweckmässig, die zum Versuch nothwendigen Operationen an der Extremität vor der Blutentziehung vorzunehmen. Man erreicht dadurch den grossen Vortheil, dass

in allen verwundeten Gefässen Gerinnung eintritt. Geschieht dies aber nachher, so erfolgt bei der Durchleitung des defibrinirten Blutes aus der kleinsten Wunde eine nicht zu stillende Blutung.

Wir bemerken nun voraus, dass wenn man bei einem solchen Versuch die Temperatur der Pfote beobachtet, während man eine Nervenreizung vornimmt, dadurch keine merkbare Aenderung der Temperatur, niemals ein Steigen derselben wahrgenommen wird. Meistens hatte bei Beginn der Blutdurchleitung die Extremität beinahe Zimmertemperatur angenommen, ebenso das durchgeleitete Blut. Es zeigte sich daher nur ein langsames Sinken des Thermometer bis zur Zimmertemperatur, niemals ein merkliches Steigen bei und nach der Reizung des Nerven.

Wir entnehmen daraus, dass eine thermometrisch nachzuweisende Wärmebildung durch die Nervenreizung in der curaresirten Extremität nicht stattfindet. „Thermische Nerven" im obigen Sinne existiren also nicht. Dagegen sind wir im Stande gewesen, die Einwirkung der Nervenreizung auf die Blutgefässe durch die veränderte Ausflussgeschwindigkeit des Blutes zu beobachten. Das Blut floss aus der Vene durch ein kurzes mit einer Glasspitze endendes Kautschuckrohr in ein Messrohr von 7 — 8 mm. Durchmesser im Lichten ein, das mit einer Skala versehen war. Das senkrecht gestellte Messrohr endete unten offen in ein mit Quetschhahn versehenes Kautschuckröhrchen. Vor jeder Messung wurde dieses geschlossen und die Zeit in Metronomschlägen gemessen, welche die Blutsäule brauchte um vom Nullpunkte bis zu einem bestimmten Skalenpunkte zu steigen. Die Durchleitung des Blutes muss während des ganzen Versuches ununterbrochen unter möglichst gleichen Bedingungen fortdauern.

Folgende Versuche zeigen die von uns erhaltenen Resultate:

Die darin berechnete Geschwindigkeit ist diejenige Blutmenge, welche in 100 Metronomschlägen ausfliessen würde.

D. Künstlicher Blutstrom.

Versuch XVIII. 12. 6. 77.

Schwarzer Hund von 7,55 K. Curaresirung. Ablassen des Blutes am Halse. Rechter Ischiad. präparirt. Das defibrinirte Blut wird durch das rechte Bein geleitet. Druckhöhe 1,5 M.

100 mm. des Messrohres = 3 Cubcm.

1 Metronomschlag = $^1/_2$ Sec.

Geschwindigkeit = Ausflussmenge in 100 Metronomschlägen.

Zeit.	Ausfluss-menge. A.	Metronom-schläge. M.	Geschwin-digkeit. G.	Bemerk.
12 h. 29	100	80	125	
„ 30	„	135	74	
„ 32	„	180	55,5	Tet. elektr. Reiz. d. recht. Isch. 20″
„ 40	30	75	40	Ohne Reizung
„ 42	„	58	51,7	Rhyth. Reiz. 40 Schl. in 20″ Roll. 90
„ 44	„	82	36,6	Ohne Reiz.
„ 46	„	60	50	Rhythm. Reiz. Rollen 50
„ 50	„	80	37,5	Ohne Reiz.
„ 51	„	63	47,6	Rhythm. Reiz., ebenso
„ 53	„	81	37	Ohne Reiz.
„ 55	„	72	41,7	Tet. Reiz. 30″ Rollen 75
1 h. 3	„	75	40	Ohne Reiz.
„ 5	„	84	35,7	„ „
„ 7	„	71	42,2	Kerben des Nerven.
„ 8	„	70	42,9	
„ 10	„	81	37	
„ 12	„	80	37,5	

Versuch XIX. 16. 6. 77.

Gelber Dachshund von 5,6 K., vollständig curaresirt. Am rechten Bein in die art. v. ven. crural. Canülen eingelegt. N. isch. rechts in eine Reizröhre eingezogen. Blut am Halse abgelassen und durch das Bein geleitet. Druckhöhe 1,5 M. Zimmertemp. 20°.

126 Metronanschläge in 1 Min.

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
10 h. 48	100	11	900	
„ 50	„	31	322,6	
„ 51	„	26	384,6	
„ 53	„	31	322,6	
„ 55	„	44	227,2	
„ 57	„	56	178,5	
„ 58	„	62	161,3	Rhyth. Reiz. 62 Schl. nach Metronom. Rollen 50
„ 59	„	76	131,6	
11 h. 1	„	81	123,4	Rhythm. Reiz 81 Schläge, ebenso
„ 2	„	89	112,3	
„ 4	50	51	98	
„ 8	„	60	83,3	
„ 14	„	75	66,6	
„ 16	„	70	71,4	Rhythm. Reiz. 80 Schläge, ebenso
„ 18	„	41	121,9	
„ 19	„	64	78,1	
„ 22	„	75	66,6	
„ 23	„	72	69,4	Rhythm. Reiz. 126 Schläge, ebenso
„ 25	„	40	125,0	
„ 26	„	43	115,7	
„ 27	„	49	102,0	
„ 35	„	77	64,9	Bluttemp. 20° C.
„ 37	—	—	—	Rhythm. Reiz. 126 Schläge, ebenso
„ 38	„	46	108,7	
„ 39	„	50	100	
„ 45	„	75	66,6	Tetan. Reiz. 1/2 Min. Rollen 75
„ 46	„	69	72,4	
„ 47	„	68	73,5	
„ 48	„	69	72,4	
„ 49	„	67	74,7	

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
11 h. 50	50	67	74,7	
„ 51	„	63	79,4	
„ 52	„	62	80,6	
„ 56	„	65	76,9	
„ 59	„	66	75,8	
12 h. 9	„	76	65,8	
„ 11	—	—	—	Rhyth. Reiz. 126 Schl. wie vorher Rollen 75
„ 12	„	62	80,6	
„ 13	„	62	80,6	
„ 14	„	63	79,4	
„ 25	„	72	69,4	
„ 26	—	—	—	Rhythm. Reiz. 126 Schläge Rollen 40
„ 27	„	65	76,9	
„ 28	„	50	100	
„ 29	„	48	104	
„ 30	„	48	104	
„ 45	„	56	89,2	
„ 57	„	58	86,2	
—	—	—	—	Tet. Reiz. 1/2 Min. Rollen 40
„ 59	„	60	83,3	
1 h. —	„	45	111,0	
„ 1	„	42	119,0	
„ 10	„	38	132,0	Muskeln noch gut erregbar.

Versuch XXI.

Schwarzweisser Spitz von 5,1 K. Zwei Spritzen Curare. Alles wie in XIX. Druckhöhe 1,4 M. Beginn 12 h. Zimmertemp. 21,5° C.

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
12 h. 11	100	67	149,2	
„ 14	„	80	125	
„ 18	„	103	97	Pfotentemp. 26
—	50	68	73,5	
„ 24	—	—	—	Rhyth. Reiz. 1/2 M. Rollen 50. Zuckungen
„ 25	„	52	96,1	Pfotentemp. 24,5
„ 26	„	56	89,3	
„ 29	„	67	74,6	Bluttemp. 22,5
„ 34	„	80	62,5	Pfotentemp 23,5
„ 35	—	—	—	Rhythm. Reiz. 1 Min. Rollen 50
„ 36	—	64	78,1	
—	„	59	84,8	
„ 37	„	63	79,3	
„ 39	„	62	80,6	
„ 45	„	75	66,6	Pfotentemp. 23
„ 46	—	—	—	Tetan. Reiz. 1/2 Min. Rollen 50
„ 47	„	100	50	
„ 49	„	87	57,5	
„ 50	„	74	67,6	
„ 51	„	67	74,6	
„ 52	„	65	77	Pfotentemp. 22
„ 59	„	71	70,4	
1 h. 1	„	74	67,6	Rhythm. Reiz. 1/2 Min. Rollen 50.
„ 2	„	72	69,5	
„ 4	„	70	71,4	

Man bemerkt, dass in allen Versuchen die Stromgeschwindigkeit etwa innerhalb der ersten 15 Minuten oder auch etwas

länger ziemlich schnell abnimmt, was bereits in den Versuchen von Mosso[1]) ausführlich beschrieben worden ist. Dann nähert sie sich langsam ziemlich constanten Werthen, so dass man von diesem Zeitpunkte ab mit Reizversuchen beginnen kann. Eine Unterbrechung des Blutstromes darf nicht stattfinden, weil diese jedesmal bei Wiedereröffnung der Bahn eine Beschleunigung herbeiführt, die erst allmählich einer constanteren Geschwindigkeit Platz macht. Einem jeden wirksamen Reize, sowohl dem mechanischen als auch dem rhythmisch und tetanisch elektrischen, folgt sehr bald eine deutliche Beschleunigung des Blutstromes, der in einigen Fällen fast um das Doppelte an Geschwindigkeit zunimmt (XIX). Es sind wiederum keineswegs schwache Reize, welche dieses Resultat herbeiführten, sondern Reize von mittlerer Stärke, welche anfingen deutliche Wirkung zu geben.

Trotz der Unterbindung der Art. und Ven. crural. an ihrem centralen Ende verminderte sich doch im Laufe des Versuches die durchgeleitete Blutmenge allmählich in Folge bestehender Anastomosen nach den grossen Beckengefässen hin. Um dies zu vermeiden und dem Versuch zugleich eine compendiösere Form zu geben, haben wir den Blutstrom durch das im Hüftgelenk exarticulirte Bein geleitet. Die Präparation des Nerven und die Freilegung der Gefässe muss ebenfalls vor der Tödtung am curaresirten Thiere vorgenommen werden, und nachdem die Blutentziehung am Halse stattgefunden, wird die Exarticulation so ausgeführt, dass man einen genügenden Theil der Bauch- und Rückenhaut mit dem Bein in Verbindung lässt. Diese ermöglicht es, durch zwei Massenligaturen, welche man von Innen und Aussen her um den Oberschenkelhals herumschlingt, erhebliche Blutungen zu vermeiden. Die Blutleitung wird dann durch Canülen mit den Gefässen in Verbindung gesetzt. Wir führen folgende Versuche an:

E. Künstlicher Blutstrom am exarticulirten Bein.

Versuch XXV. 11. 6. 77.

Schwarzer Pudel von 7,5 K. 5 Spritzen Curare. N. ischiad. rechts durchschnitten, in die Reizröhre gezogen. Art. u. ven. crural. freigelegt. Blutentziehung. Das Bein exarticulirt und Massenligatur angelegt. Künstlicher Blutstrom mit 1,6 M. Druck.

---

1) Bericht der sächs. Ges. d. Wiss. 1874. S. 305.

Z		A.	M.	G.	Bemerk.
12 h.	6	50	29	172	
„	8	„	33	151	
„	10	„	35	143	
„	12	„	42	119	Rhythm. Reiz. Rollen 75. 1 Min. wie früher, schwache Zuckungen
„	13	„	41	122	
„	14	„	36	140	
—		—	32	156	
„	15	„	33	151	Bluttemp. 20,5, Zimmertemp. 19
—		„	36	140	
„	18	„	43	116	
„	20	„	45	111	
„	22	100	102	98	
„	24	„	98	102	Rhythm. Reiz. Rollen 100. 1 Min. wie früher, schwache Zuckungen
„	25	„	105	97	
„	27	„	98	102	
„	30	„	118	85	
„	32	„	118	85	Rhythm. Reiz. Rollen 45, 1 Min. nur beim ersten Reiz Zuckung
„	34	„	87	115	
„	35	„	83	120,5	
„	36	„	89	112	
„	38	„	89	112	
„	44	„	108	92,6	
„	52	„	126	79,4	
„	54	„	129	77,5	
„	55	„	140	71,4	Rhythm. Reiz. Rollen 45, 1 Min., Zuck. nur beim 1. Reiz
„	57	„	128	78	
„	58	„	128	78	
„	60	„	140	71,4	
1 h.	6	„	149	67	
„	12	—	—	—	Der Nerv wird aus der Reizröhre gezogen und gekerbt
„	13	„	100	100	
„	14	„	103	97	
„	16	„	108	92,6	
„	24	„	128	78	
„	38	„	153	65,4	

Versuch XXVI. 30. 6. 77.

Schwarzer Dachshund von 10,1 K. 5 Spritzen Curare. Alles wie in XXV.

Z.		A.	M.	G.	Bemerk.
12 h.	6	100	34	294	Zimmertemp. 23,5 C.
„	7	„	36	278	
„	9	„	38	258	Rhythm. Reiz. 1 Min. wie früher, Rollen 50. Kleine Zuckung
—		„	37	270	
„	10	„	37	270	
—		„	35	285	
„	11	„	28	357	
—		„	25	400	
—		„	22	454	
„	12	„	24	417	Einige Gerinsel entleeren sich
—		„	27	371	
„	13	„	32	313	

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
12 h. 15	100	46	217	
„ 18	„	57	175	
„ 19	„	54	185	Rhythm. Reiz. 1 Min., wie oben. Nur beim ersten Schlage eine kleine Zuckung
„ 20	„	52	192	
—	„	55	182	
„ 21	„	55	182	
—	„	58	172	
„ 22	„	65	154	
„ 31	„	69	145	
—	„	62	161	Rhythm. Reiz Rollen 40.
„ 32	„	63	158	
„ 33	„	70	143	
„ 35	„	45	222	
„ 37	„	44	227	
„ 38	„	45	222	
„ 39	„	50	200	
„ 40	„	55	182	
„ 44	„	58	172	
„ 50	„	54	185	
1 h. —	„	61	164	
„ 9	„	58	172	
„ 10	„	53	189	

Versuch XXVII. 31. 6. 77.

Schwarzweisser Hund von 4,5 K. 3 Spritzen Curare. Anordnung wie in XXVI.

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
12 h. 3	100	65	154	
„ 4	„	86	116,3	Zimmertemp. 22,5
„ 9	„	106	94,3	
„ 10	„	111	90,1	Rhythm. Reiz. Rollen 75. 1 Min. Keine Zuckung
„ 13	„	107	93,5	
„ 16	„	126	79,4	Rhythm. Reiz. Rollen 50. 1 Min. Keine Zuckung
„ 19	„	138	72,5	
„ 23	„	154	64,9	
„ 30	50	90	55,6	
„ 32	„	87	57,5	Tetan. Reiz. $^1/_2$ Min. Rollen 50.
„ 34	„	74	67,6	
„ 35	„	73	68,5	
„ 36	„	78	64,1	
„ 40	„	92	54,3	
„ 41	„	94	53,2	Rhythm. Reiz. 1 Min. Rollen 0. Keine Zuckung
„ 42	„	78	64,1	
„ 43	„	64	78,1	
„ 44	„	65	77	
„ 45	„	65	77	
„ 46	„	70	71,4	
„ 53	„	82	61	
„ 59	„	87	57,5	
1 h. 2	„	84	59,5	Tetan. Reiz. $^1/_2$ Min. Rollen 0. Nur Anfangs eine Zuckung.
„ 3	„	72	69,5	

Z.		A.	M.	G.
1 h.	4	50	69	72,5
—		„	67	74,6
„	5	„	69	72,5
„	12	„	84	59,5

Auch diese Versuche führen zu dem schlagenden Resultate, dass jeder Art von Nervenreizung eine erhebliche Beschleunigung des Blutstroms folgt, die im günstigsten Fall beinahe um das Doppelte an Geschwindigkeit wuchs.

Schwache Reste von Zuckungen bei Anwendung starker elektrischer Reize, doch meist nur beim ersten Schlage, waren oft vorhanden und liessen sich schwer vermeiden, ohne Gefahr von Seiten zu starker Curaresirung für die Gefässe. In mehreren Fällen aber waren gar keine Spuren von Zuckung bemerkbar und es ist daher nicht denkbar, dass jene schwachen Reste davon einen Einfluss auf den Blutstrom gehabt haben sollten. Es kann sich hier also nicht um jene mechanischen Wirkungen der Contraktion auf den Blutstrom handeln, wie sie Sadler[1]) und später Gaskell[2]) beobachtet haben, auch nicht um die Nachwirkung des Tetanus auf den Blutstrom. Am curaresirten Muskel haben aber diese Beobachter gar keine Einwirkungen der Reizung auf den Blutstrom wahrgenommen, woraus es wahrscheinlich wird, dass die von uns beobachteten Erscheinungen sich vorzüglich auf die Hautgefässe beziehen, deren Zustände namentlich auch das in die Pfote eingebrachte Thermometer beeinflussen.

Man wird sich nun die naheliegende Frage vorlegen, wesshalb wir in unsern Versuchen bei der Reizung nicht auch Verlangsamung des Blutstroms durch Verengerung der Gefässe vorgefunden haben, die doch am curaresirten lebenden Thiere unter normalen Verhältnissen der Blutcirculation und Temperatur der Gliedmaassen unbestritten die unmittelbare Folge der Nervenreizung ist. Die zunächst ohne weitere ursächliche Voraussetzungen sich aufdrängende Antwort hierauf ist die, weil die Gefässe sich nicht unter normalen Lebenseinflüssen befinden. Wir müssen also, ehe wir weiter schliessen, erst den Zustand der Gefässe bei künstlichem Blutstrom näher zu ermitteln suchen.

Aus den oben erwähnten Versuchen von Mosso sowie aus

1) Ber. der sächs. Gesell. d. Wiss. 1869. S. 189.

2) Ebend. 1876. S. 45.

den unsrigen erfahren wir, dass die Durchleitung des Blutes eine beträchtliche Verengerung der Gefässbahn erst schnell dann langsamer zunehmend hervorbringt. Das Anfangs im Strahl ausfliessende Blut verlangsamt sehr bald seinen Strom in beträchtlichem Grade. Jede Unterbrechung des Stromes hinterlässt beim Wiederbeginn desselben eine neue Beschleunigung, die bald wieder schwindet. Mosso hielt es für wahrscheinlicher, dass die Verengerung der Gefässe durch rein elastische Kräfte zu Stande komme als durch contractile, namentlich desshalb, weil eine so anhaltende Contraktion wegen der Ermüdung nicht gut denkbar sei. Diesen Grund kann ich zwar nicht als stichhaltig ansehen, denn während des Lebens besteht dauernd eine tonische Contraktion der Gefässe und anderer glatter Muskulatur ohne jede Ermüdung; auch ist es nicht nothwendig, für die tetanische Contraktion der glatten Muskelfaser einen so lebhaften Stoffwechsel vorauszusetzen, wie für die quer gestreifte. Indessen soll diese Frage hier nicht endgültig erledigt, sondern nur ein Versuch angeführt werden, welcher zeigt, dass die lange Zeit anhaltende Verengerung schliesslich wieder einer Erweiterung Platz macht, wenn man die Durchleitung lange genug fortsetzt.

Versuch XXIII. 25. 5. 77.

Grosser gefleckter Hund von 19,2 K. 6 Spritzen Curare. A. u. V. crural., rechts präparirt. Blutentziehung. Künstlicher Blutstrom.

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
12 h. 32	100	15	667	Zimmertemp. 18—19° C.
—	„	19	526	
„ 33	„	20	500	
—	„	20	500	Temp. des durchgeleit. Blutes
„ 37	„	31	323	25
„ 42	„	36	280	23,2
„ 45	„	40	250	
„ 50	„	44	227	22
„ 55	„	45	222	
1 h. —	„	45	222	
„ 5	„	48	208	
„ 13	„	48	208	21
„ 22	„	54	185	
„ 30	„	54	185	20,5
„ 35	„	54	185	
„ 40	„	42	238	
„ 45	„	42	238	
„ 50	„	43	233	
„ 55	„	43	233	
2 h. 5	„	39	256	
				Pause. Unterbrechung der Leitung.
3 h. 12	100	21	476	

Z.	A.	M.	G.	Bemerk.
3 h. 18	100	25	400	
„ 30	„	26	385	
				Pause.
6 h. 45	100	7	1428	Muskeln noch reizbar.
„ 46	„	10	1000	
„ 47	„	11	909	

Die Geschwindigkeit fällt in diesem Versuche in etwa einer Stunde von 667 auf 185 und steigt dann in 25 Min. wieder auf 256. Nach einer Pause ist sie eine Stunde später 476 und sinkt in 18 Min. auf 385, aber in weiteren 3 Stunden, etwa 6 Stunden nach Beginn des Versuches, erreicht sie eine, die anfängliche weit übertreffende Grösse von 1428, die in 2 Min. auch noch auf 909 herabgeht. Man erkennt hieraus eine immer weiter vorschreitende Erschlaffung der Gefässe und dies spricht dafür, dass es sich beim Durchleiten um einen contractilen Vorgang handelt. Auch nach 6 Stunden waren die Gefässe noch in dem Zustande, der Durchleitung jenen Widerstand durch Verengerung entgegen zu setzen, obgleich die Erschlaffung eine bedeutende war.

Im Uebrigen muss diese Erscheinung noch genauer untersucht werden, denn in dem eben angeführten Versuche haben wir bemerkt, dass am nächsten Tage, als die Muskeln schon ganz todtenstarr waren, die Durchleitung desselben Blutes, die anfangs eine Geschwindigkeit von 667 zeigte und 10 Min. constant blieb, bei ununterbrochenem Strome nach 3 Stunden auf 476 und nach 5 Stunden etwa auf 62,9 gesunken war. Zum Unterschied vom lebenden Gewebe, in welchem die Verengerung schon in den ersten Minuten der Durchleitung in beträchtlichem Grade eintritt, blieb aber im todten Gewebe der Strom in den ersten 10 Min. constant. Auch dies spricht für einen Contractionsvorgang der lebenden Gefässwand. Da indess auch im todten Gewebe eine allerdings sehr langsame Widerstandszunahme in der Strombahn eintritt, so müssen wohl noch andere rein mechanische Ursachen hierfür vorhanden sein[1]).

1) Nach Versuchen von C. A. Ewald (du Bois' Archiv f. Phys. 1877. S. 208) „Ueber die Transpiration des Blutes“ nimmt die Geschwindigkeit des Blutstromes in einer Glascapillare mit der Zeit langsam ab. Sie wächst ferner sehr bedeutend mit steigender Temperatur. Schwankungen der letzteren können aber in unsern Versuchen keinen grossen Einfluss gehabt haben, da die Temperatur des Beines, des Blutes und der Luft sich sehr bald ausgleichen mussten.

Wie dem auch sei, die Gefässe befinden sich in unseren Versuchen während der Durchleitung des Blutes bereits in einem Zustande starker Verengerung und es ist leicht begreiflich, dass eine Erregung gefässverengernder Nervenfasern entweder gar keine oder nur unmerkliche Wirkungen hervorrufen kann.

Wenn wir sie daher in unseren Versuchen gar nicht beobachtet haben[1]), so ist dies keineswegs auffällig, obgleich nicht behauptet sein soll, dass sie durch feinere Methoden der Messung nicht wahrgenommen werden könnten. Doch jener Zustand bereits vorhandener starker Verengerung war gerade die günstigste Bedingung für das Auftreten einer hervorzurufenden Erweiterung der Gefässe, wie wir sie gefunden haben. Der Versuch entspricht also als hämodynamischer in dieser Beziehung dem thermometrischen am lebenden Thiere, in welchem wir die Gefässe durch das kalte Wasserbad in Zusammenziehung versetzt hatten.

Es ist einleuchtend, dass es sich in unseren Versuchen um eine Hemmung kräftiger Erregungszustände der Gefässe handelt, und es erscheint daher die Annahme von hemmenden Gefässnerven am plausibelsten. Die Möglichkeit einer activen Gefässerweiterung durch Längsmuskelfasern[2]), tritt schon desshalb sehr zurück, weil eine sehr starke Muskulatur dazu gehörte, um die herrschende Zusammenziehung der Ringfasern zu überwinden, und eine kaum denkbare Verkürzung und Verschiebung der Gefässröhren, ähnlich wie beim Darmrohr, damit verbunden wäre, abgesehen davon, dass eine solche Verschwendung von Kraft sehr unzweckmässig sein würde.

Man hat ferner vorausgesetzt, dass in den Gefässen peripherische Nervencentra enthalten seien, welche automatisch wirken und durch die Erweiterungsnerven in ihrer Thätigkeit gehemmt würden. So lange diese aber nicht unmittelbar nachgewiesen sind, bleibt es immerhin fraglich, ob nicht den glatten Muskelzellen selbst gewisse centrale Fähigkeiten zukommen, welche ausreichen würden, alle Erscheinungen zu erklären. Es müssen daher weitere Untersuchungen darauf gerichtet sein, das Verhalten der Gefässmuskulatur unter verschiedenen Lebensbedingungen zu erforschen.

---

1) Eine Andeutung davon scheint in Vers. XXI. 12 h. 47 vorhanden.

2) S. Exner „über Lumen erweiternde Muskeln". Sitzber. d. Wiener Akad. 1877. 4. Jänner.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Beiträge zur Lehre von der Anpassung der Wärmeproduction an den Wärmeverlust bei Wärmblütern.

Von

Dr. Dittmar Finkler.

Im Sommer 1876 hatte Dr. Giuseppe Colasanti im Bonner physiologischen Laboratorium unter Pflügers Leitung, Untersuchungen darüber angestellt, wie sich der Stoffwechsel des Meerschweinchens unter der Einwirkung verschiedener Temperatur der umgebenden Luft verhält. Die Untersuchung hatte durch correcte Experimente Aufschluss darüber gegeben, in welchem Umfange die Wärmeregulation durch Variation der Wärmeproduction zu Stande kommt.

Bei der aussergewöhnlichen theoretischen und praktischen Wichtigkeit der Lehre von der Wärmeregulation wird dieselbe nun mit Hülfe der gewonnenen einfachen und zuverlässigen Methoden weiter in ihrer Abhängigkeit von den wesentlichsten Variabelen zu untersuchen sein, die auf das thierische Leben von Einfluss sind.

Herr Professor Pflüger hatte zunächst mir die Aufgabe gestellt, das Verhalten des Stoffwechsels im fiebernden Organismus zu studiren, und, namentlich im Anschluss an die eine von Colasanti veröffentlichte Beobachtung, die Frage nach der Temperaturregulation im Fieber durch das Experiment der Entscheidung näher zu bringen.

Wenn man erwarten darf, dass der Stoffwechsel eines Thieres im Fieber sich anders verhält als im normalen Gesundheitszustand, dann muss man sich sagen, dass die Beurtheilung der krankhaften Stoffwechselschwankung nur dann ohne Unsicherheit sein kann, wenn alle im normalen Zustande vorkommenden Exacerbationen und Remissionen in ihrer ganzen Breite bekannt sind, und durch Erforschung der ursächlichen Momente richtig gewürdigt werden können.

Die Schwankungen des Stoffwechsels innerhalb der normalen Breite sind in der That sehr zahlreich, und unter einander an Grösse verschieden.

Es gehört demgemäss hierher, das Anwachsen des Stoffwechsels infolge der Muskelbewegungen und Arbeit, des Reizes der Retina durch Licht, ferner: die Veränderungen der Oxydationsprozesse, welche sich im Anschluss an die verschiedenen Verdauungsphasen constatiren lassen, dann: die Veränderungen der Oxydation, welche in den Tagesschwankungen der Körpertemperatur ihren Ausdruck finden. Zuletzt ist hier unterzubringen das verschiedene Verhalten des Stoffwechsels, welches sich auf Grund der Einflüsse verschiedener Jahreszeiten und verschiedener Fütterung ausbildet.

Colasanti hatte Thiere zweien verschiedenen Temperaturen ausgesetzt, einmal einer solchen von durchschnittlich 18,8° C., dann einer von 7,4° C. und aus den bei diesen Temperaturen der Umgebung beobachteten Werthen für die Stoffwechselgrösse des Thiers berechnet, welche Zunahme in Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe für je 1° C. Temperaturerniedrigung der umgebenden Luft zu erwarten steht. Mir kam es nun zunächst darauf an, experimentell festzustellen, ob auch bei energischeren Einflüssen grösserer Temperaturdifferenzen dasselbe Gesetz der Wärmeregulirung durch Wärmeproduction in Geltung bleibt. Es musste dadurch ein Anhalt dafür gewonnen werden, welche Temperaturen des umgebenden Mediums man einem normalen Thiere auf längere Zeit zumuthen darf, ohne dass dasselbe erliegt, oder wenigstens, trotz seiner Anstrengungen gegen die nachhaltigen und heftigen Anfechtungen, im Rückstande bleibt.

Ausserdem musste ich mir darüber Klarheit verschaffen, ob sich die zu anderer Jahreszeit und bei anderem Futter gemachten

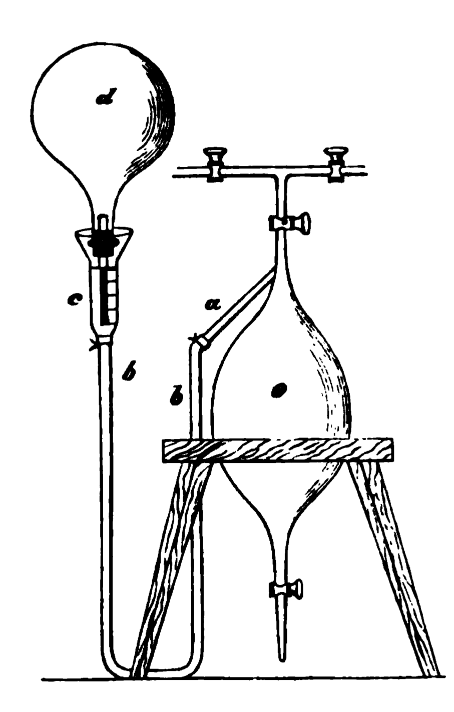
Untersuchungen, und ihre Resultate ohne weiteres den früheren vergleichend gegenüber stellen liessen. Wie der Erfolg zeigte, war diese Vorsicht nicht unnöthig, sondern lehrte vielmehr eine recht prägnante Thatsache kennen.

Auch ich benutzte als Versuchsthiere Meerschweinchen, weil die Thiere einer bedeutenden Variation der Wärmeproduction fähig sind, und weil die schon an ihnen gemachte Untersuchung sichere Anhaltspunkte zu weiteren Aufschlüssen liefert.

Der Apparat, mit welchem die Versuche angestellt wurden, ist derselbe, welcher in Colasanti's Arbeit benutzt und in Pflüger's Archiv Bd. XIV. Heft I. p. 94. ff. beschrieben ist. Einige wichtige Abänderungen sind seitdem von Pflüger an demselben angebracht, und sollen jetzt beschrieben werden:

Die Einrichtung, vermittelst welcher die in den Sauerstoffrecipienten nachfliessende Chlorcalciumlösung ohne Veränderung des Drucks constant an Stelle des verbrauchten Sauerstoffs nachgeschickt wurde, erfreute sich keiner absoluten Vollkommenheit. Die Vorrichtung verlangte die grösste Aufmerksamkeit, damit nicht Druckdifferenzen sich einstellen. Eine weit bequemere Einrichtung hatte Regnault angegeben. Dieselbe hielt den Sauerstoff in Recipienten immer unter einem gewissen Ueberdruck, und bestand kurz darin, dass der Stand der Flüssigkeit in dem Bassin, aus welchem sie in den Sauerstoffrecipienten nachfloss, sich selbst auf gleichem Niveau hielt, dadurch, dass bei Abnahme seiner Höhe umgestülpten Flasche aus ihrer Oeffnung Flüssigkeit entleerten, bis sie durch die im Bassin wieder angestiegene Flüssigkeit ihre Oeffnung abschlossen, und so sich selbst zu weiterem Ausflusse den Weg verlegten. Der Vortheil, welchen diese Vorrichtung Regnaults durch die Bequemlichkeit der Handhabung bot, war schon früher nicht so bestechend, dass diese Vorrichtung an Pflüger's Apparat angebracht worden wäre. Die neue Verbesserung des Apparates bestand vielmehr gerade darin, dass der Sauerstoff im Recipienten nicht unter Ueberdruck gesetzt, sondern constant unter Atmosphärendruck gehalten wurde. Den in dieser Richtung zu stellenden Anforderungen entspricht die jetzt am Apparate befindliche Selbst-Regulirung des Chlorcalciumnachflusses.

Diese konnte hergestellt werden, wenn man die Einmündung des Zuflussrohres an das obere Ende des Recipienten verlegte. Von nun an ist unser Zuflussrohr zusammengesetzt aus: (S. Holzschn.)



1. einem Einmündungsstück (*a*): d. h. einem Glasrohr, welches oben an den Sauerstoffrecipienten angeblasen, mit seinem freien Ende in schiefer Richtung nach unten steht. An dieses freie Ende angebunden, hängt ein Gummischlauch (*b*) U-förmig herunter, und in das aufsteigende Ende dieses Gummischlauches ist ein kurzes graduirtes Trichterrohr (*c*) eingebunden, welches aufwärts, den Trichter nach oben kehrend, von einer Klemme gehalten wird. Trichter, Schlauch und Mündungsrohr, zusammen ein U-rohr darstellend, sind mit Flüssigkeit gefüllt, sodass dieselbe im Mündungsrohr (*a*) genau bis zu seinem Ansatz an den Recipienten steht, im Trichterrohr (*c*) bis zu einem zu bemerkenden Theilstrich. Bei jeder Druckverminderung im Recipienten läuft die Flüssigkeit sofort aus dem Ende des Mündungsrohrs (*a*) über, an der Wand des Sauerstoffbehälters (*o*) herab, auf dessen Boden. Durch diesen Abfluss sinkt das Niveau im Trichterrohr (*c*) (dem Ende des U-rohres, auf welches die Atmosphäre drückt), wird aber wieder zu früherer Höhe gebracht vermittelst der schon genannten, auch von Regnault angewandten, umgestülpten Flaschen (*d*), deren Oeffnung in das ursprüngliche Flüssigkeitsniveau des Trichters eintauchte. So regulirt sich selbst der Apparat immer mit dem Erfolge, dass der Sauerstoff im Recipienten unter Atmosphärendruck bleibt. Gemessen wird der verbrauchte Sauerstoff in der Weise, dass man eigentlich bei jedem Versuche das Volumen des Recipienten, welches mit Sauerstoff gefüllt ist, neu calibrirt. Man nimmt in die umgestülpte Flasche, aus welcher die Flüssigkeit nachfliesst, ein ausgemessenes Quantum Chlorcalciumlösung; nach dem Versuche misst man zurück, wie viel in der Flasche übrig geblieben ist, mit genauer Berücksichtigung, dass in dem Trichter-

rohr der Zuflussvorrichtung derselbe Stand der Flüssigkeit besteht, wie am Anfang des Versuchs. Die aus der Flasche ausgelaufene Flüssigkeitsmenge entspricht genau dem Volumen des Recipienten, welches mit Sauerstoff gefüllt war. Vor Beginn des Sauerstoffverbrauches wird selbstverständlich die Temperatur des Recipienten abgelesen, und der Versuch dann beendet, wenn aller Sauerstoff aus dem Recipienten verbraucht ist, sodass die Flüssigkeit bis zum oberen Hahne des Recipienten steht. Der Fehler, den man bei dieser Art der Messung machen kann, besteht darin, dass Flüssigkeitsmengen an der Wand der Flasche oder des Masscylinders hängen bleiben. Aber der Fehler ist klein. Er beträgt, wie ich durch Versuche erfuhr, bis zu 5 Cc. Da nun bei einem Versuche ungefähr 1500 Cc. Sauerstoff verbraucht werden, so ergibt, sich ein Fehler von 0,03 des gesammten Gasverbrauchs, eine Grösse, die vernachlässigt werden kann.

Eine zweite Veränderung betraf das auf der Tafel II. in Bd. XIV. d. Arch. mit H bezeichnete Rohr, welches die Verbindung zwischen der Thierglocke und dem Vorlageventil G herstellt. Dasselbe wurde enger gemacht, und erhielt an der Stelle, wo es in die Glaswand der Glocke eintaucht, einen Metallhahn.

An seinem freien Ende in der Thierglocke wurde ihm eine nur ganz eng durchbohrte Schraubenmutter aufgedreht. So ist dieser ganze schädliche Raum möglichst klein, und die Diffusion der atmosphärischen Luft des Apparates rückwärts in diesen Raum hinein behindert.

Das Rohr L, welches zum Manometer führt, wurde ebenfalls enger gemacht, um auch hier den Fehler in der Zusammensetzung der Luft des Apparates zu vermeiden, welcher durch Veränderung der Luft in jenem Rohre entstehen musste.

Zwei weitere kleine Veränderungen bezweckten nur die Verbesserung der Handlichkeit des Apparates, und bestanden darin: 1., dass die Verbindungen desjenigen Stückes, welches die Ventile und ihre Schläuche darstellen, mit den Glasröhren der Aspiratoren einerseits, und den Metallröhren der Thierglocke andererseits, durch Schliffe hergestellt wurden; sodass die Ventile ausserhalb ihrer Zinkwanne mit Kalilauge gefüllt, und nach Beendigung des Versuchs, zur leichteren Entleerung der Kalilauge, aus der Wanne herausgenommen werden konnten. Zweitens wurden die Glaskugeln, welche zur Erlangung der Luftproben eingeschaltet sind, ebenfalls

in Schliffen aufgehängt, und dadurch eine bequemere und sicherere Behandlung bei ihrer Ausschaltung aus dem Apparate erzielt. So hatten die in genannter Zeichnung R_I und R_{II} genannten Kugeln an jedem der Enden, in die sie auslaufen, einen langen Schliff; die dazu gehörigen Hohlschliffe waren in die Gummischläuche u v eingebunden. Ein Endrohr der Kugel hatte ausser seinen äusseren Schliffen einen kurzen Schliff an der innern Wand seiner freien Oeffnung, in welchen ein kleiner Glasstöpsel passt. Soll die Kugel herausgenommen werden, so kommt an jeden, einen Hohlschliff tragenden Gummischlauch eine Holzklemme. Dasjenige Ende der Kugel, welches durch den eingeschliffenen Glasstöpsel verschliessbar ist, wird nach unten gekehrt, in einer Quecksilberwanne aus dem Hohlschliff gezogen, und unter dem Quecksilber mit seinem Glasstöpsel zugestopft. Dies so sicher verschlossene Ende wird dann frei nach oben gekehrt, und nun der andere Schliff ebenfalls unter Quecksilber aus seinem Hohlschliff herausgenommen, sodass eine Oeffnung unter Quecksilber bleibt, und nun mit der Quecksilberwanne die ganze Kugel aus dem Wasserbade herausgenommen werden kann.

Nachdem ich so die schuldige Rechenschaft über Veränderungen am Apparate gegeben habe, komme ich zur Besprechung der Versuchsanordnung und der Versuche selbst.

Als ich im Herbste und Anfang des Winters mit den Vorbereitungen der Untersuchung beschäftigt war, hielt ich es für gerathen, die Temperatur der Thiere, welche vorerst noch im Stalle sassen, aber zu meinen Versuchen benutzt werden sollten, zu messen. Bei Meerschweinchen ist dies nicht schwer zu machen; ich lernte es bald so auszuführen, dass die Thiere mir auf der linken Hand sassen, und sich die Temperaturmessung in recto ohne Widerstreben gefallen liessen. Das Thier wurde dabei weder gedrückt, noch geängstigt, auch nicht in ungewohnter Lage gehalten oder an empfindlichen Körperstellen entblösst. Ich vermied alles dies, weil man es zur Erklärung der Beobachtung angeführt hat, dass die Versuchsthiere aufgebunden ihre Körpertemperaturen sinken lassen. Bei den Temperaturmessungen, welche Colasanti im Sommer machte, wurde ebenso schonend mit den Thieren verfahren, sodass in der Art der Messung kein Unterschied, hierin also kein Grund war andere Temperaturen zu finden als die früher beobachteten.

Aus Colasanti's Messungen berechnet man eine durchschnittliche Temperatur der Meerschweinchen von 37,4° C.

Prévost et Dumas [1]) geben an für Cochon d'Inde 38,0° C., Despretz [2]) für Cochon d'Inde adulte 35,76°.

Im Anfang des rectum fand ich Temperaturen von 37° und 37,5°; führte ich aber das Thermometer tiefer, sodass es auf eine Länge von 3 cm. im Thier war, so zeigte es höhere Temperaturen; und noch tieferes Einschieben veränderte an diesem jetzigen Stande des Thermometers nichts mehr. Die nun constante Temperatur verzeichnete ich als Körpertemperatur, und diese war nach meinen Bestimmungen im Mittel = 38,3° C. Die niedrere Temperatur der mehr nach Aussen gelegenen Theile kann nicht für die Körpertemperatur gehalten werden. Dass die äusseren Schichten eine so viel niedrigere Temperatur haben, als die tieferen ist erklärlich. Die Meerschweinchen sitzen fast immer mit dem Hintertheile fest auf der Erde auf, sind aber so beweglich und lebendig, dass sie nie lange auf derselben Stelle sitzen bleiben, und so ihr Nest wärmen, sondern häufig den Sitzplatz wechseln. Auf diese Weise geben sie an den Theilen, mit welchen sie den Boden berühren, immer viel Wärme ab; aus gleichem Grunde fühlen sich auch die haarlosen glatten Sohlen der Meerschweinchen immer kalt an. Warm habe ich sie nur gefunden bei fiebernden Thieren. Entweder hatten meine Thiere wirklich eine höhere Körpertemperatur als die, welche anderen vor mir zu Versuchen dienten, oder die früheren Beobachter müssen einen Fehler bei ihren Temperaturmessungen gemacht haben, welcher darin bestand, dass sie das Thermometer nicht tief genug eingeführt, und so nur die niedrigere, oberflächlichere Temperatur als Körpertemperatur gefunden haben. Die grosse Verschiedenheit der Temperaturen in den verschiedenen Schichten scheint mir eine Andeutung zu enthalten, wie grosse Fehler man auch bei Temperaturmessungen beim Menschen machen kann und gemacht hat, wenn man den Menschen im Bade hielt und die in den äussersten Theilen des rectum herrschende Temperatur zur Grundlage für Berechnungen der Wärmeabgabe des ganzen Körpers machte.

---

1) Ann. de chim. et de phys., 2. serie, t. XXIII. p. 64.
2) Ann. de chim. et de phys., 2. serie, t. XXVI. p. 338.

Die kleineren Thiere haben höhere Körpertemperaturen als die grösseren, und dem entsprechend auch eine bedeutendere Wärmeproduction.

In Bezug auf die Grösse ihres Sauerstoffverbrauches machen die Meerschweinchen keine Ausnahme von diesem Gesetze und desshalb wird es wohl auch nicht richtig sein, dass ihre Körpertemperatur nicht nur relativ niedrig, sondern absolut so tief stände, wie die keines andern Säugethieres.

Die Angabe Despretz's, welche auf 35,7° C. lautet, wird also wohl falsch sein, während die von Prévost und Dumas (38,0° C.) dem von mir beobachteten Werthe recht nahe kommt. Auch die Temperatur, welche Colasanti fand, scheint mir in zu geringer Tiefe gefunden zu sein.

Ich hielt es für möglich, dass die von Colasanti angegebene Temperatur den Thieren für die Sommerzeit eigenthümlich sein könnte, und es liesse sich dafür manches sagen, auch entgegen den Beobachtungen, dass die Körpertemperatur des Menschen um ein geringes steige, wenn er unter die Tropen versetzt wird, allein ich musste davon zurückkommen, als ich mich durch bis Mitte Juni fortgesetzte Messungen davon überzeugt hatte, dass in derselben Tiefe gemessen, constant eine Temperatur von über 38,0° C. und zwar im Mittel 38,3° C. gefunden wird und zwar sowohl bei alten Thieren, wie bei solchen, welche gleiche Grösse und Gewicht haben, als die im Winter zu meinen Versuchen benutzten.

Diejenigen Beobachtungen, welche die höhere und constantere Temperatur ergeben, haben von vornherein das meiste Recht, für die richtigeren zu gelten, weil einmal der allein mögliche Beobachtungsfehler zu geringe Werthe ergeben muss, und weil so grosse Differenzen in der Körpertemperatur, wie sie zwischen 38,5° und 35,7° C. besteht, nicht einmal in der ganzen Säugethierreihe, soweit die Beobachtungen reichen, zwischen den verschiedensten Species zu finden ist, und weil auch alle Beobachtungen, die zu verschiedenen Jahreszeiten gemacht sind, niemals Schwankungen ergeben, die 3° C. betrügen und doch noch mit dem normalen Befinden des Warmblüters vereinbar wären.

Die von mir beobachtete Temperatur kann keine krankhafte Steigerung bedeuten, und zwar aus folgenden Gründen:

Die Versuchsthiere sassen in guten Ställen bei guter Pflege, und benahmen sich durchaus wie gesunde Thiere. Sie frassen

gut, waren immer agil, und grunzten ebenso, wie es immer gesunde Meerschweinchen als Zeichen ihres Wohlbehagens thun. Aber dies hätte alles täuschen können. Um desshalb ganz sicher zu gehen, mass ich die Körpertemperatur nicht nur bei allen Meerschweinchen, welche wir hatten, sondern es wurden noch zwei Partieen neuer Thiere aus verschiedenen Ställen gekauft. Auch diese hatten in gleicher Tiefe gemessen die gleich hohe Temperatur von ungefähr 38,0—38,5° C. Alle Thiere, welche ich benutzte, zeigten, nicht nur am Anfang, oder wenn sie aus einem Stalle in einen andern verpflanzt wurden, die Temperatur über 38,0° C., sondern sie hielten sie auch constant, wenn sie zu Versuchen benutzt waren; auch solche Thiere hielten sie constant, welche ins warme Zimmer gesetzt waren und darin tagelang verblieben. Genau wie die Thiere bei Colasanti's Versuchen 37,4° C., so hielten sie jetzt mit allen Regulationsmitteln die Temperatur über 38° C. fest, sodass gewiss diese Temperatur als diejenige anzusehen ist, auf welche meine Versuchsthiere eingestellt waren. Zur genaueren Orientirung will ich einige an mehreren Thieren gemachte Temperaturmessungen als Paradigma hierhersetzen:

Ein männliches Meerschweinchen von 390 grm. hatte folgende Temperaturen:

	Morgens.	Abends.
18. Januar	38,0	37,7
19. „	37,7	38,7
20. „	37,8	38,0
23. „	38,8	38,5
24. „	38,7	?
25. „	38,3	38,6
26. „	38,9	39,0
27. „	38,3	—

Ein anderes männliches Meerschweinchen:

	Morgens.	Abends.
18. Januar	39,0	38,8
19. „	39,0	39,7
20. „	37,9	38,3
23. „	38,6	38,7
24. „	39,0	39,1
26. „	39,1	37,3
28. „	37,5	—

Ein drittes männliches Meerschweinchen, neu angekauft aus einem Stalle:

	Morgens.
15. Februar	38,3
16. „	38,3
18. „	38,1
19. „	38,1
20. „	38,0

Ein viertes, weibliches Meerschweinchen, aus einem anderen Stalle angekauft:

	Morgens.
16. Februar	38,0
17. „	37,6
18. „	37,6
19. „	38,2
20. „	38,0
21. „	38,2
22. „	38,9

Es ist bekannt, dass Thiere derselben Species in verschiedenem Lebensalter und bei verschiedenem Körpergewicht auch Verschiedenheit in der Grösse ihres Stoffwechsels erkennen lassen, unbekannt ist aber, wie gross der Fehler ist, welcher bei der Vergleichung des Stoffwechsels verschiedener Constitutionen sich einschleicht. Um desshalb diesen Fehler zu vermeiden, suchte ich als Versuchsthiere solche Individuen aus, welche an Alter und Körpergewicht unter einander, und den von Colasanti benutzten Thieren ähnlich waren, sodass in diesem Sinne zu denkende Correcturen nicht gemacht zu werden brauchen.

Wenn ein Thier zu Versuchen benutzt werden sollte, hatte ich mich immer durch mehrere Temperaturmessungen vorher davon überzeugt, dass das Individuum keine auffallende Abnormität erkennen liess. Am Abend vor dem Versuchstage wurde das Thier ins warme Zimmer (von ungefähr 15—18° C.) gebracht, und sass dort während der Nacht in einem Korbe im Stroh, in welchem Futter und Wasser hingesetzt war. So lange die Thiere der hohen Temperatur von ungefähr 26° C. in der Glocke ausgesetzt waren, zeigten sie immer eine schwer bezwingliche Neigung zum Schlafen, sodass ich um sie wach, wenigstens um ihre Augen offen zu halten, häufig an die Glocke anklopfen musste. Es ist nach Pflüger's Theorie vom Schlafe wohl begreiflich, dass die Thiere, die so lange der Einwirkung kalter Luft ausgesetzt waren, und an dies Stimulans ihres Stoffwechsels sich vollständig gewöhnt hatten, dem schlafenden Zustand recht nahe kommen mussten, wenn der Reiz der niedrigen Umgebungstemperatur ihnen ganz und gar entzogen wurde, und dadurch ihr Stoffwechsel nothwendig sinken musste.

Wenn die Thiere unter der Glocke niedriger Temperatur ausgesetzt wurden, benahmen sie sich nicht auffallend, sie waren dabei wach und munter, ohne jedoch anhaltend oder kurze Zeit energische Bewegungen auszuführen.

Der Apparat war vor jedem Versuche sorgfältig gereinigt,

und etwa in ihm stagnirende Luft durch kräftiges Durchblasen mittelst eines Blasebalgs ausgetrieben.

Die Luftprobe, zur Analyse bestimmt, wurde immer am Ende des Versuchs entnommen, und wohl darauf gesehen, dass zu dieser Zeit die Anfangstemperatur innerhalb des Apparates genau erreicht war. Der Barometerstand wurde am Anfang des Versuchs und vor Ausschaltung der Luftprobe abgelesen, und wenn eine Veränderung eingetreten war, wurde doch der Druck im Apparat durch Einstellung des Manometers constant erhalten und dem entsprechend die Ausschaltung dann vorgenommen, wenn das Manometer des Apparates die dem veränderten Barometerstande entsprechende Veränderung seiner Stellung eingenommen hatte.

Bevor ich zur Beschreibung der einzelnen Versuche übergehe, muss ich noch einige Bemerkungen machen, welche sich auf das Verhalten der Versuchsthiere vor jedem Versuche beziehen. Dieselben enthalten das thatsächliche Material, auf welches Pflüger (Neue Einwände des Herrn Prof. Dr. Senator gegen die Anpassung der Wärmeproduction an den Wärmeverlust bei Warmblütern. Pflgrs. Archiv f. d. g. Phys. Bd. XV. II. p. 113) hinweist.

Wenn ein Thier zu einem Versuche benutzt werden sollte, in welchem es niedriger Temperatur der Umgebung ausgesetzt wurde, liess ich es zuvor eine oder mehrere Stunden im Eiskasten zubringen, und zwar unter denselben Cautelen, wie es früher auch Colasanti gethan hatte. Dieser Eiskasten ist kein hermetisch verschliessbarer Eisschrank, sondern ein Kasten mit doppelten Wänden, deren Zwischenräume ausgefüllt sind. Der Deckel des Kastens wird durch Aufklappen nach oben geöffnet, und hat ebenfalls doppelte Wandung. Das Innere des Kastens ist mit Zink ausgeschlagen. Das Eis wurde frei in den Kasten geworfen, sodass es denselben etwa zur Hälfte anfüllte, auf das Eis wurde ein offenes holzernes, mit Watte ausgeschlagenes Kästchen gestellt, in dieses das Thier gesetzt. Dann wurde der Deckel zugeklappt, aber immer nur so angelegt, dass eine schmale Ritze übrig gelassen, noch einige Ventilation gestattete. Dies letztere geschah immer, um sicher zu sein, dass das Thier bei stundenlangem Verweilen im Kasten nicht dyspnoisch würde, sodass der später zu erwartende Mehrverbrauch von Sauerstoff im Respirationsapparate die Compensation der vorher bestandenen Dyspnoe bedeutete. Die durch die Ritze mögliche Ventilation hatte ausserdem zur Folge,

dass die Lufttemperatur im Eiskasten wie aus späteren Angaben zu ersehen im Winter nicht leicht unter + 4° C. herabzugehen scheint, im Sommer sich jedenfalls noch höher stellen wird.

Das Versuchsthier wurde vor jedem Kälteversuche im Eiskasten gehalten aus folgendem Grunde. Das Thier sollte schon einige Zeit lang vor dem Versuche wenn auch nur annähernd derselben Temperatur ausgesetzt bleiben, wie während der Beobachtung im Respirationsapparate, weil wir nicht die Absicht hatten, gerade den Einfluss einer plötzlichen grossen Temperaturschwankung zu studiren; vielmehr sollte gerade gezeigt werden, dass die Wärmeregulation durch Variation der Wärmeproduction eine lange anhaltende, und nicht nur im Augenblick des Temperaturwechsels bestehende ist. Ich habe diese Angaben über Beschaffenheit und Benutzung unseres Eiskastens so ausführlich hierhergesetzt, damit die Ueberzeugung leicht zu gewinnen ist, dass die Erklärung des gesteigerten Sauerstoffverbrauchs und der gesteigerten Kohlensäureabgabe bei niedriger Temperatur der umgebenden Luft, welche Senator gegeben hat, und welche auf der ausgezeichneten Kältewirkung unseres Eiskastens basirt, nicht das richtige trifft.

Versuch I.

Gewicht des Thiers = 390,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,8° C.
" " " " Ende " " = 38,5° "
Temperatur der Glocke während des Versuchs . . = 17,07° "
Anfang des Versuchs = 10 Uhr 00 Min.
Ende " " = 12 " 45 "
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1418,0
Kohlensäureabgabe " 1 " " " 1 " = 1346,9
Respiratorischer Quotient = 0,95.

Das Thier war zwei Stunden vor Beginn des Versuches aus dem Stalle genommen und in ein Zimmer gesetzt worden, welches ungefähr die Temperatur hatte, der das Thier während des Versuchs in der Glocke des Apparates unterworfen war. Da das Versuchsthier also bis 2 Stunden vor dem Versuche im Stalle beim Futter war, ist es nicht als nüchtern anzusehen.

Versuch II.

Gewicht des Thiers = 383,5 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,5° C.
" " " " Ende " " = 38,3° "
Temperatur in der Glocke während des Versuchs = 4,0° "

Anfang des Versuchs = 3 Uhr 25 Min.
Ende „ „ = 5 „ 42 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1700,0
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1438,5.
Respiratorischer Quotient = 0,85.

Die Analyse der am Ende des Versuchs entnommenen Luftprobe ergab:
pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde: Ausscheidung von Sumpfgas. . = 3,34 Cc.
„ 1 „ „ „ 1 „ „ „ Wasserstoff. = 0,00 „
Absorption von Stickstoff für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff. = 8,6 „

Unmittelbar vor dem Versuche hat das Thier $2^1/_2$ Stunden lang im Eiskasten gesessen; und zwar ist es dasselbe Thier, welches schon den Vormittag zu Versuch I gedient; ist also in Versuch II nüchtern. Während es im Glockeninneren bei so niederer Temperatur sitzt, benimmt sich das Thier nicht auffallend, es putzt und leckt sich, schnuppert an den Wänden herum, befindet sich offenbar nicht unbehaglich und macht keine angestrengten Bewegungen.

Versuch III.

Ein neues Thier wird zu diesem Versuche benutzt, nachdem es schon die Nacht hindurch in einem Korbe mit Stroh und Futter im warmen Zimmer zugebracht.

Gewicht des Thiers = 395,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 39,0° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 39,4° „
Temperatur in der Glocke während des Versuchs = 25,2° C.
Anfang des Versuchs = 9 Uhr 50 Min.
Ende „ „ = 1 „ 02 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1023,9
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1021,6.
Respiratorischer Quotient = 0,99..

Versuch IV.

Von 1 Uhr bis 3 Uhr 29 sitzt das zu Vers. III gebrauchte Thier im Eiskasten, wird aus diesem herausgenommen gleich in die Glocke des Apparates eingeführt. Die Temperatur im Eiskasten war +6,3° C.

Gewicht des Thieres 393,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,9° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 38,8° „
Temperatur in der Glocke . . . . = 4,95° „
Anfang des Versuchs = 3 Uhr 30 Min.
Ende „ „ = 5 „ 32 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1850,9
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1578,2.
Respiratorischer Quotient = 0,85.

Die Analyse der am Ende des Versuchs entnommenen Luftprobe ergab:
Ausscheidung von Sumpfgas pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde = 7,82 Cc.
" " Wasserstoff " 1 " " " 1 " = 7,21 "
Absorption von Stickstoff für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff = 5,00 "

Versuch V.

Wiederum ein neues Thier sitzt wie das Vorige vor Vers. III während der Nacht in einem gewärmten Zimmer in Stroh und beim Futter.

Gewicht des Versuchsthiers = 390,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,3° C.
" " " " Ende " " = 38,8° "
Temperatur in der Glocke . . . . = 26,25° "
Anfang des Versuchs = 9 Uhr 40 Min.
Ende " " = 1 " 02 "
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1135,3 Cc.
Kohlensäureabgabe " 1 " " " 1 " = 1122,0 "
Respiratorischer Quotient = 0,99.

Versuch VI.

Eine Stunde lang hat das Thier vor dem Versuche im Eiskasten gesessen bei einer Temperatur von +4,5° C.

Gewicht des Thieres = 390,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,6° C.
" " " " Ende " " = 39,0° "
Temperatur in der Glocke . . . . = 2,2° "
Anfang des Versuchs = 2 Uhr 35 Min.
Ende " " = 4 " 12 "
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 2292,9 Cc.
Kohlensäureabgabe " 1 " " " 1 " = 2122,6 "
Respiratorischer Quotient = 0,92.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde ausgeschiedenes Sumpfgas . = 15,34 Cc.
" 1 " " " 1 " ausgeschiedener Wasserstoff = 12,27 "
Stickstoff nicht bestimmt.

Versuch VII.

Das Thier von Vers. III und IV wird auch zu Vers. VII benutzt. Es hat wie früher während der Nacht im erwärmten Zimmer gesessen.

Gewicht des Thiers = 385,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 39,1° C.
" " " " Ende " " = 39,1° "
Temperatur in der Glocke . . . . = 27,26° "
Anfang des Versuchs = 11 Uhr 50 Min.
Ende " " = 3 " 30 "

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1038,4 Cc.
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 974,6 „
Respiratorischer Quotient = 0,94.

Nach dem Versuche wird das Thier in den Eiskasten gesetzt, und nachdem es 1 Stunde in demselben verweilt, war seine Temperatur auf 36,5° C. herabgesunken. Das Thier wurde deshalb zu dem projectirten Kälteversuch nicht benutzt.

Versuch VIII.

Ein noch nicht gebrauchtes Thier wird aus dem Stalle genommen und zum Versuche benutzt, nachdem es nur 10 Min. auf dem Eise gesessen hat. Das Thier war nicht nüchtern, im Gegensatz zu den bei allen früheren Kälteversuchen beobachteten Individuen.

Gewicht des Versuchsthiers = 415,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 37,0° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 37,5° „
Temperatur in der Glocke . . . . = 3,66° „
Anfang des Versuchs = 4 Uhr 48 Min.
Ende „ „ = 6 „ 41 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1953,4 Cc.
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1762,8 „
Respiratorischer Quotient = 0,90.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . . = 17,5 Cc.
Wasserstoff . . . . = 36,2 „
Stickstoff wurde ausgeschieden für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff = 8,5 „

Versuch IX.

Dasselbe Individuum von Vers. VIII wird am anderen Morgen, nachdem es die Nacht hindurch im Zimmer gesessen hat, zu Versuch IX benutzt.

Gewicht des Thiers = 415,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 37,9° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 38,3° „
Temperatur in der Glocke . . . . = 25,27° „
Anfang des Versuchs = 10 Uhr 12 Min.
Ende „ „ = 1 „ 00 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1040,7 Cc.
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 865,8 „
Respiratorischer Quotient = 0,83.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . . = 6,9 Cc.
Wasserstoff . . . . = 16,6 „
Stickstoff wurde ausgeschieden für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff = 49,00 „

Versuch X.

In diesem Versuche wird wieder ein frisches Thier genommen. Es bleibt die Nacht vor dem Versuchstage im warmen Zimmer.

Das Thier hat schon seit 8 Tagen Temperaturen zwischen 38,5 u. 39,0.

Gewicht des Thieres = 439,0 Gr.

Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 39,0° C.
" " " " Ende " " = 38,5° "
Temperatur der Glocke . . . . = 26,14° "

Anfang des Versuchs = 10 Uhr 15 Min.
Ende " " = 1 " 15 "

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1115,4
Kohlensäureabgabe " 1 " " " 1 " = 1112,6.

Respiratorischer Quotient = 0,99.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:

Sumpfgas . . . . = 20,6 Cc.
Wasserstoff . . . . = 8,5 "
Stickstoff wurde ausgeschieden für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff = 12,4 "

Versuch XI.

9. Februar 1877.

2 Stunden lang hat das Thier unmittelbar vor dem Versuche im Eiskasten gesessen bei einer Temperatur von 4,0° C. Es ist dasselbe Individuum, welches in Versuch X beobachtet wurde.

Gewicht des Versuchsthiers = 436,0.

Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs . . = 37,8° C.
" " " " Ende " " . . = 37,4° "
Temperatur des Glockenraumes während des Versuchs = 4,5° "

Anfang des Versuchs = 3 Uhr 31 Min.
Ende " " = 5 " 32 "

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde . = 1677,1 Cc.
Kohlensäureabgabe " 1 " " " 1 " . = 1609,2 "

Respiratorischer Quotient = 0,95.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:

Sumpfgas . . . . = 6,9 Cc.
Wasserstoff . . . . = 9,6 "
Stickstoff wurde absorbirt für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoffs = 2,6 "

Versuch XII.

Nicht dasselbe Thier von Vers. X und XI, sondern wieder ein frisches Thier wird zu Versuch XII und XIII benutzt.

Gewicht des Thiers = 422,0 Gr.

Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs . . = 38,1° C.
" " " " Ende " " . . = 38,7° "
Temperatur des Glockenraumes während des Versuchs = 26,27° "

Anfang des Versuchs = 9 Uhr 50 Min.
Ende „ „ = 12 „ 52 „

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde . = 1246,0 Cc.
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ . = 1077,6 „

Respiratorischer Quotient = 0,86.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:.

Sumpfgas . . . . = 19,3 Cc.
Wasserstoff . . . . = 0,0 „
Stickstoff ausgeschieden . . . . = 0,00 „

Versuch XIII.

Das Thier hat 2 Stunden lang vor dem Versuche im Eiskasten gesessen bei 4,5° C.

Gewicht des Thiers = 420,0 Gr.

Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,2° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 38,3° „
Temperatur des Glockenraumes . . . . = 3,9° „

Anfang des Versuchs = 3 Uhr 12 Min.
Ende „ „ = 4 „ 59 „

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1930,0
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1445,2.

Respiratorischer Quotient = 0,75.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:

Sumpfgas . . . . = 0,3 Cc.
Wasserstoff. . . . . = 0,7 „
Stickstoff wurde absorbirt für 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff = 23,0 „

Versuch XIV.

Das Thier, welches zu Versuch X und XI benutzt war, wird auch jetzt in Vers. XIV und XV beobachtet.

Gewicht des Thiers = 393,5 Gr.

Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,0° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 38,0° „
Temperatur des Glockenraumes . . . . = 26,5° „

Anfang des Versuchs = 9 Uhr 58 Min.
Ende „ „ = 1 „ 16 „

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1065,9
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1037,2.

Respiratorischer Quotient = 0,99.

Versuch XV.

Das Thier hat zwei Stunden lang vor dem Versuche im Eiskasten gesessen.

Gewicht des Thiers = 390,0 Gr.

Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,0° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 38,0° „
Temperatur des Glockenraumes . . . . = 3,0° „
Anfang des Versuchs = 3 Uhr 22 Min.
Ende „ „ = 5 „ 24 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1615,3
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1266,5.
Respiratorischer Quotient = 0,78.

Versuch XVI.

Zu den Versuchen XVI, XVII, XVIII und XIX wird dasselbe Thier benutzt, welches zu Vers. XII und XIII gebraucht war.

Gewicht des Thiers = 430,0 Gr.
Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs = 38,8° C.
„ „ „ „ Ende „ „ = 38,6° „
Temperatur des Glockenraumes . . . . = 26,28° „
Anfang des Versuchs = 10 Uhr 18 Min.
Ende „ „ = 1 „ 9 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier u. 1 Stunde = 1215,0
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1190,5.
Respiratorischer Quotient = 0,97.

Versuch XVII.

17. Februar Nachmittags.

Das Thier hat 2 Stunden lang vor dem Versuche im Eiskasten gesessen.

Gewicht des Versuchsthiers = 431,0 Gr.
Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,4° C.
„ „ „ nach Beendigung „ „ = 38,4° „
Temperatur des Glockenraumes . . . . = 3,7° „
Anfang des Versuchs = 3 Uhr 38 Min.
Ende „ „ = 5 „ 35 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde = 1745,0
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1423,1.
Respiratorischer Quotient = 0,81.

Versuch XVIII.

19. Februar 1877.

Gewicht des Thiers = 437 Gr.
Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,0° C.
„ „ „ nach Beendigung „ „ = 38,3° „
Temperatur des Glockenraumes. . . . . = 26,06° „

Anfang des Versuchs = 9 Uhr 45 Min.
Ende „ „ = 12 „ 39 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde = 1238,5
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1078,5.
Respiratorischer Quotient = 0,87.
Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . . = 22,2 Cc.
Wasserstoff . . . . = 0,00 „

Versuch XIX.

19. Februar Nachmittags.

Das Thier hat 2 Stunden vor Beginn des Versuchs im Eiskasten gesessen.
Gewicht des Thiers = 435 Gr.
Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,0° C.
„ „ „ nach Beendigung „ „ = 38,0° „
Temperatur des Glockenraums . . . . = 3,0° „
Anfang des Versuchs = 3 Uhr 17 Min.
Ende „ „ = 4 „ 43 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde = 1881,1 Cc.
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1557,8 „
Respiratorischer Quotient = 0,82.
Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . . = 50,0 Cc.
Wasserstoff . . . . = 0,00 „

Versuch XX.

20. Februar Vormittags.

Dasselbe Thier, welches in den Versuchen XIV und XV beobachtet wurde, wird jetzt zu Vers. XX und XXI benutzt.
Gewicht des Thiers = 387 Gr.
Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,2° C.
„ „ „ nach Beendigung „ „ = 38,2° „
Temperatur des Glockenraums . . . . = 26,90° „
Anfang des Versuchs = 10 Uhr 00 Min.
Ende „ „ = 12 „ 58 „
Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde = 1066,4
Kohlensäureabgabe „ 1 „ „ „ 1 „ = 1054,2.
Respiratorischer Quotient = 0,98.

Versuch XXI.

20. Februar Nachmittags.

Vor dem Versuche hat das Thier 2 Stunden lang im Eiskasten gesessen.
Gewicht des Thiers 385 Gr.

Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,0° C.
" " " nach Beendigung " " = 38,0° "
Temperatur der Glocke . . . . = 3,5° "

Anfang des Versuchs = 3 Uhr 30 Min.
Ende " " = 5 " 8 "

Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde = 1920,6
Kohlensäureabgabe " 1 " " " 1 " = 1344,2.

Respiratorischer Quotient = 0,70.

Pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde wurde ausgeschieden:

Sumpfgas . . . . = 77,7 Cc.
Wasserstoff . . . . = 0,00 "

General-Tabelle I.

No. des Versuchs.	Körpertemperatur des Thieres am Anfang des Versuchs	Körpertemperatur des Thieres am Ende des Versuchs	Temperatur in der Glocke während des Versuchs hohe.	Temperatur in der Glocke während des Versuchs niedere.	Sauerstoffverbrauch pro Kilo u. Stunde bei hoher Temperatur der Umgebung.	Sauerstoffverbrauch pro Kilo u. Stunde bei niederer Temperatur der Umgebung.	Kohlensäureabgabe pro Kilo u. Stunde bei hoher Temperatur der Umgebung.	Kohlensäureabgabe pro Kilo u. Stunde bei niederer Temperatur der Umgebung.	Respiratorischer Quotient bei hoher Temperatur.	Respiratorischer Quotient bei niederer Temperatur.	Pro 1° C. Temperaturabnahme Steigerung des Sauerstoffverbrauchs	Pro 1° C. Temperaturabnahme Steigerung der Kohlensäureabgabe
2.	38,5	38,3		4,0		1700,0		1438,5		0,85		
3.	39,0	39,4	25,2		1023,9		1021,6		0,99		41,0	27,4
4.	38,9	38,8		4,95		1850,9		1578,2		0,84		
5.	38,3	38,8	26,25		1135,3		1122,0		0,99		48,2	41,7
6.	38,6	39,0		2,2		2292,0		2122,6		0,92		
7.	39,1	39,1	27,26		1038,4		974,6		0,94			
8.	37,0	37,5		3,66		1953,4		1762,8		0,90		
9.	37,9	38,3	25,27		1040,7		865,8		0,83			
10.	39,0	38,5	26,14		1115,4		1112,6		0,99		26,0	22,6
11.	37,8	37,4		4,5		1677,1		1609,2		0,95		
12.	38,1	38,7	26,27		1246,0		1077,6		0,86		30,5	16,4
13.	38,2	38,3		3,9		1930,0		1445,2		0,75		
14.	38,0	38,0	26,50		1065,9		1037,2		0,99		23,3	9,7
15.	38,0	38,0		3,0		1615,3		1266,5		0,78		
16.	38,8	38,6	26,28		1215,0		1190,5		0,97		23,4	10,3
17.	38,4	38,4		3,7		1745,0		1423,1		0,81		
18.	38,0	38,3	26,06		1238,5		1078,5		0,87		27,8	20,8
19.	38,0	38,0		3,0		1881,1		1557,8		0,82		
20.	38,2	38,2	26,90		1066,4		1054,2		0,98		36,5	12,4
21.	38,0	38,0		3,5		1920,6		1344,2		0,70		
Mittel:	**38,33**		**26,21**	**3,64**	**1118,5**	**1856,5**	**1057,4**	**1554,8**	**0,94**	**0,83**	**32,1**	**20,2**

Alle die in der Tabelle zusammengestellten Versuche sind desshalb unter einander vergleichbar, und berechtigt, fehlerlose Mittelwerthe zu liefern, weil die Bedingungen, unter welchen sie angestellt sind, in wesentlichen Punkten nicht unter einander verschieden sind.

Die Versuchsthiere selbst waren von ungefähr gleichem Alter und derselben Grösse. Während der Zeit, in welcher die Thiere zu Versuchen dienen sollten, wurde ihnen gleiches Futter verabreicht, welches in Hafer und Rüben bestand. Die Versuche bei hoher Temperatur der Umgebung wurden Vormittags, die bei niederer Temperatur Nachmittags gemacht. In den Versuchen bei hoher Temperatur waren die Thiere gefüttert, bei denen mit niederer Temperatur annähernd nüchtern. Vor dem am Morgen mit hoher Temperatur angestellten Versuche hatte das Thier die Nacht hindurch in einem warmen Zimmer, bei einer Temperatur von ungefähr 15° C., gesessen. Vor den mit niederer Temperatur angestellten Versuchen brachte das Thier nahezu 2 Stunden im Eiskasten zu.

Trotzdem dass eine solche Uebereinstimmung äusserer Versuchsbedingungen erstrebt wurde, ergeben sich noch immer einzelne Verschiedenheiten der Resultate, welche auffallen müssen. In den Versuchen 3 und 4 und in den Versuchen 5 und 6 zeigen sich Oxydationssteigerungen im Verhältniss zur Differenz der beobachteten Temperatur der Umgebung, wie sie bei keinem der übrigen Versuche wieder vorkamen. Die Erklärung wird in folgendem zu finden sein: Das Thier, welches zu Versuch 3 und 4, ebenso das, welches zu 5 und 6 benutzt wurde, war am Tage vor dem Versuchstage aus ihrem Stalle geholt worden. Die Thiere waren deshalb ganz frisch, durch keinerlei Veränderung ihrer Lebensweise geschwächt. Bei allen übrigen Versuchen, von No. 10 an, war dies nicht so ganz der Fall. Die zu diesen bestimmten Thiere wurden aus ihrem früheren Stalle weggenommen, und im physiologischen Institute in mit Stroh gefüllten Kasten, jedes Thier allein, gehalten. Während Thüre und Fenster des früheren Stalles ins Freie führten, standen jetzt die Kasten in einem Raume des physiologischen Laboratoriums, der zugleich als Arbeitsraum für chemische Arbeiten benutzt wird, und der, wie öfters das Angegriffenwerden der metallenen Geräthschaften in demselben

beweist, sicher nicht immer die wünschenswertheste Unverdorbenheit der Luft besitzt.

Die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs in Versuch 6 steht einzig da, es ist hier mehr als eine Verdoppelung des Verbrauchs in Versuch 5 erzielt, obgleich der Verbrauch in Versuch 5 schon hoch steht. In der That hat der Organismus hier etwas übriges gethan, indem er durch die bedeutende Steigerung der Oxydation nicht die Körpertemperatur constant gehalten, sondern noch um 0,4° C. höher getrieben hat, als sie war, ehe das Thier dem Reize der niederen Umgebungstemperatur ausgesetzt wurde. Das Thier scheint bei einer grossen Leistungsfähigkeit zugleich reizbarer gewesen zu sein, als die später benutzten.

Auch bei anderen Versuchen ist wenigstens nahezu eine Verdoppelung des bei hoher Umgebungstemperatur beobachteten Stoffwechsels erreicht, wie das in Versuch 7 und 8 und 20 und 21 bestehende Verhältniss in der Sauerstoffaufnahme von 10 : 19 zeigt.

Aus den Mittelwerthen berechnet beträgt für 1° C. Temperaturabnahme die Zunahme des Sauerstoffverbrauchs 32,1. Verfolgt man aber die Unterschiede im Sauerstoffverbrauche zwischen den einzelnen Versuchen, so findet man, dass dieselben auf 1° Temperaturabnahme berechnet sehr verschiedene Werthe liefern, so dass der höchste Werth, der sich zwischen Versuch 5 und 6 ergibt = 48,2, der niedrigste, welcher zwischen Versuch 14 und 15 existirt, = 23,3, also nicht einmal halb so gross ist. Man ersieht daraus, wie bedeutend die individuellen Schwankungen sind, welche in der Fähigkeit, durch Wärmeproduction zu reguliren, sich herausstellen. Und zwar wurden diese grossen Schwankungen hier constatirt bei Thieren, welche für durchaus gesund zu halten sind, welche in gleichem Alter stehen, gleiche Nahrung geniessen und durchaus gleiche Lebensweise lange Zeit hindurch führten, bis kurz bevor sie zu Versuchen benutzt wurden, sie einigen Veränderungen sich unterziehen mussten, welche ganz unwesentlich schienen. Man wird daraus ungefähr einen Schluss ziehen können für die Beurtheilung derjenigen Beobachtungen, welche in Bezug auf Regulirung der Wärmeproduction an Menschen der verschiedensten Stellungen und Beschäftigungen, ja sogar an Kranken und Reconvalescenten der verschiedensten fieberhaften Krankheiten gemacht worden sind, um als Paradigmata für das Verhalten des „Normalmenschen“ verwerthet zu werden.

Für die Kohlensäureabgabe bringt das Sinken der umgebenden Temperatur um 1° C. eine durchschnittliche Steigerung von 20,2 hervor. Aber noch grösser, als bei der Steigerung der Sauerstoffaufnahme sind hier die individuellen Verschiedenheiten, welche zwischen je 2 Versuchen liegen.

Da wo die 1° C. Temperaturabnahme entsprechende Steigerung des Sauerstoffverbrauches am bedeutendsten ist (zwischen Vers. 5 und 6) ist es auch die Steigerung der Kohlensäureabgabe, welche = 41,7 beträgt. Auch der niedrigste Werth für die Zunahme des Sauerstoffverbrauchs pro 1° C. fällt zusammen mit der geringsten Steigerung der Kohlensäureabgabe: Versuch 14 und 15. Hier beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro 1° C. Temperaturabnahme = 9,7; also fast Ein Fünftel des Maximalwerthes.

Ich komme nun zur Vergleichung der Werthe, welche meine Versuche ergaben, mit den Mittelwerthen, welche Colasanti aus seinen Resultaten gefunden hat.

Nach der Anordnung meiner Versuche, besonders in Rücksicht auf die Verdauungsphase, in welcher die Versuchsthiere sich befanden, würde es am natürlichsten erscheinen, wenn ich meine Versuche vergleichen wollte nur mit denjenigen Colasanti's, welche er als Versuche I. bis IX. zusammengestellt hat, und von denen die Versuche bei sg. hoher Temperatur der Umgebung am Vormittag an gefütterten Thieren, die bei **niederer** Temperatur am **Nachmittag** an annähernd nüchternen Thieren angestellt sind. Als Bedenken gegen diese Vergleichung muss aber der Umstand angesehen werden, dass, wie meine Gas-Analysen zeigen, bei den am Nachmittag gemachten Versuchen, auch wenn die Thiere schon viele Stunden vom Futter entfernt waren, beträchtliche Ausscheidung von Sumpfgas und von Wasserstoff stattfindet, die Thiere demnach keineswegs als ganz nüchtern, sondern vielmehr als: noch in Verdauung begriffen, anzusehen sind. Ich halte es desshalb für richtiger, für meine Versuche es unentschieden zu lassen, wann die Verdauung aufhörte und das Thier nüchtern ist, und vergleiche also die Resultate meiner Beobachtungen mit Colasanti's „wahren Mitteln aus allen Versuchen", worin seine Versuche alle, ohne Rücksicht auf die bestehende Verdauungsphase zusammen inbegriffen sind.

Nimmt man das Mittel aus allen Versuchen, und zwar aus

den verificirten Werthen, welche von Pflüger im „Nachtrag zu Dr. Colasanti's in diesem Archiv enthaltenen Abhandlung etc." (s. dieses Arch. B. XIV. Heft IX. p. 470) angegeben sind, so ergibt sich:

Colasanti fand, dass ein Meerschweinchen pro Kilo und Stunde:

	verbraucht Sauerstoff.	Kohlensäure abgibt.	Respir. Quotient.
bei 18,8° C.	1110,5	964,9	0,87.
„ 7,44° C.	1584,7	1358,4	0,85.

Meine Versuche ergeben, dass ein Meerschweinchen pro Kilo und Stunde

	verbraucht Sauerstoff.	Kohlensäure abgibt.	Respir. Quotient.
bei 26,21° C.	1118,5	1057,4	0,94.
„ 8,6° C.	1874,0	1567,7	0,83.

Betrachte ich die Versuche bei sg. hoher Temperatur, so ergibt sich:

Meine Versuchsthiere verbrauchten demnach, trotz einer Temperatur der Umgebung, die um 7,4° C. höher war, ebensoviel Sauerstoff als Colasanti's Thiere.

Diese Thatsache kann nur durch zwei Möglichkeiten ihre Erklärung finden: Entweder war der von Colasanti gefundene Werth für den Sauerstoffverbrauch bei der Umgebungstemperatur von 18,8° C. der Minimalwerth des Sauerstoffverbrauchs, welchen die Thiere warmer Umgebung ausgesetzt erreichen, so dass eine Erhöhung der Umgebungstemperatur bis auf 26° C. keine Verringerung der Sauerstoffaufnahme mehr zur Folge hat, oder zweitens, die von mir benutzten Meerschweinchen sind durch einen so energischen Stoffwechsel ausgezeichnet, dass sie bei einer Temperatur von 26,2° C. eine Grösse des Sauerstoffverbrauches haben, der bei den Individuen, welche Colasanti benutzte, erst dann erreicht wurde, wenn eine um 7,4° niedrigere Temperatur ihren Reiz geltend machte.

Ob in der ersten oder zweiten dieser Möglichkeiten der factische Grund für die Differenz der Colasanti'schen und meiner Resultate lag, darüber sollte das Experiment entscheiden. Zu diesem Behufe beobachtete ich drei frische Thiere; jedes derselben einmal bei einer Temperatur von nahezu 26° C. und dann bei der den Colasanti'schen Versuchen entsprechenden Temperatur von ungefähr 18° C. Solche zwei Versuche an demselben Thiere sind

an demselben Tage angestellt, so dass Vormittags das Thier der niedrigeren, Nachmittags der höheren Temperatur ausgesetzt war.

Ich lasse hier die Beschreibung der einzelnen in dieser Art gemachten Versuche folgen, und stelle die Resultate derselben dann übersichtlich in einer Tabelle zusammen.

Versuch XXII.

26. Februar Vormittags.

Ein vorher noch nicht gebrauchtes Thier wird während der Nacht vor dem Versuchstage im Zimmer (bei ungefähr 15° C.) gehalten.

Gewicht des Thieres = 490 Gr.

Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,0
" " " nach Beendigung " " = 38,0
Temperatur der Glocke . . . . = 18,8

Anfang des Versuchs = 10 Uhr 55 Min.
Ende " " = 1 " 4 "

Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde . . . . . = 1500,0 Cc.
Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde . . . . . = 1446,0 Cc.

Respiratorischer Quotient = 0,96.

Versuch XXIII.

26. Februar Nachmittags.

Nach dem ersten Versuche wird das Thier wieder ins warme Zimmer gesetzt.

Gewicht des Thiers = 485 Gr.

Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,0
" " " nach Beendigung " " = 38,2
Temperatur der Glocke . . . . = 26,5

Anfang des Versuchs = 3 Uhr 26 Min.
Ende " " = 6 " 6 "

Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde . . . . . = 1082,6 Cc.
Kohlensäureabgabe " " " " . . . . . = 868,1 Cc.

Respiratorischer Quotient = 0,80.

Pro Kilo und Stunde wurde ausgeschieden:

Sumpfgas . . . . = 19,7 Cc.
Wasserstoff . . . . = 0,00 Cc.
Auf 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff wurde absorbirt Stickstoff = 4,8 Cc.

Versuch XXIV.

27. Februar Vormittags.

Ein frisches Thier wird zu Versuch 24 und 25 benutzt und während des Versuchstages so behandelt wie das vorige.

Gewicht des Thieres = 565 Gr.

Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,0
" " " nach Beendigung " " = 38,0
Temperatur der Glocke . . . . = 18,8
Anfang des Versuchs = 9 Uhr 58 Min.
Ende " " = 11 " 58 "
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde . . . . . = 1287,7 Cc.
Kohlensäureabgabe " " " " . . . . . = 957,3 Cc.
Respiratorischer Quotient = 0,74.
Pro Kilo und Stunde wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . . = 18,9 Cc.
Wasserstoff . . . . = 1,6 Cc.
Auf 1000 Cc. verbrauchten Sauerstoff wurde exhalirt Stickstoff = 9,9 Cc.

Versuch XXV.

27. Februar Nachmittags.

Gewicht des Thiers 560 Gr.
Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,2
" " " nach Beendigung " " = 38,2
Temperatur der Glocke . . . . = 26,0
Anfang des Versuchs 3 Uhr 16 Min.
Ende " " 5 " 57 "
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde . . . . . = 978,1 Cc.
Kohlensäureabgabe " " " " . . . . . = 723,6 Cc.
Respiratorischer Quotient = 0,74.
Pro Kilo Stunde und wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . = 6,1 C.
Wasserstoff . . = 2,1 C.

Versuch XXVI.

5. März Vormittags.

Zu Vers. 26 und 27 wird wieder ein frisches Thier genommen und in derselben Weise behandelt wie in den vier vorhergehenden Versuchen.
Gewicht des Thiers = 474 Gr.
Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 37,8
" " " nach Beendigung " " = 38,5
Temperatur der Glocke . . . . = 19,0
Anfang des Versuchs = 11 Uhr 2 Min.
Ende " " = 1 " 31 "
Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde . . . . . = 1280,0
Kohlensäureabgabe " " " " . . . . . = 984,0
Respiratorischer Quotient = 0,77.
Pro Kilo und Stunde wurde ausgeschieden:
Sumpfgas . . . = 39,0 Cc.
Wasserstoff . . = 1,5 Cc.

Versuch XXVII.

5. März Nachmittags.

Gewicht des Thiers = 463 Gr.

Temperatur des Thiers vor Beginn des Versuchs = 38,1

" " " nach Beendigung " " = 38,3

Temperatur der Glocke . . . . = 26,85

Anfang des Versuchs = 3 Uhr 45 Min.

Ende " " = 6 " 24 "

Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde . . . . . = 1026,6

Kohlensäureabgabe " " " " . . . . . = 830,0

Respiratorischer Quotient = 0,81.

Pro Kilo und Stunde wurde ausgeschieden:

Sumpfgas . . . = 37,3 Cc.

Wasserstoff . . = 0,00 Cc.

Tabelle II

No. des Versuchs.	Temperatur des Thiers am Anfang des Versuchs	Temperatur des Thiers am Ende des Versuchs	Temperatur der Glocke.		Sauerstoffverbrauch bei hoher Temperatur.	Sauerstoffverbrauch bei niederer Temperatur.	Kohlensäureabgabe bei hoher Temperatur.	Kohlensäureabgabe bei niederer Temperatur.	Respiratorischer Quotient.	
22.	38,0	38,0		18,8		1500,0		1446,0		0,96
23.	38,0	38,2	26,5		1082,6		868,1		0,80	
24.	38,0	38,0		18,8		1287,7		957,3		0,74
25.	38,2	38,2	27,0		978,1		723,6		0,74	
26.	37,8	38,5		19,0		1280,0		984,0		0,77
27.	38,1	38,3	26,85		1020,6		830,0		0,81	
1.	38,8	38,5		17,07		1418,0		1346,9		0,95
	38,20		26,76	18,42	1027,1	1371,4	807,2	1183,5	0,78	0,85

Für 1° C. Temperaturabnahme beträgt die

Zunahme des Sauerstoffverbrauchs = 41,2.

" " Kohlensäureabgabe = 45,1.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass meine Thiere

bei einer Temperatur der Umgebung von	Sauerstoffaufnahme pro Kilo und Stunde	Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde
18,4° C.	1371,4	1183,5

während Colasanti fand:

bei einer Temperatur der Umgebung von		
18,8° C.	1110,5	964,9.

d. h. die von Colasanti beobachteten Werthe verhielten sich zu den meinen (bei gleicher Temperatur der Umgebung):

für Sauerstoffverbrauch wie 100 : 123,4,
für Kohlensäureabgabe wie 100 : 122,6.

Zur Erklärung dieser Steigerung des Stoffwechsels um 23% müssen zwei Einflüsse herangezogen werden, nämlich:

1. Die andauernden Reize der Winterkälte,
2. Die Veränderung des Futters.

Was den ersten Punkt: die anhaltende Einwirkung der Winterkälte, betrifft, so könnte man sich recht wohl vorstellen, dass eine deutliche Vermehrung der Wärmeproduction für das Thier constant werden kann dadurch, dass ununterbrochen der ganze Organismus in derselben Richtung beeinflusst wird. Allein diese Einstellung der Wärmeproduction auf einen höheren Werth, entsprechend dem intensiveren und dauernderen Reize, ist nicht vollständig bewiesen, weil noch der zweite Einfluss: die Veränderung der Nahrung in gleichem Sinne gewirkt haben kann.

Die Veränderungen in der Mischung des Futters, in den relativen Mengen der zur Nahrung verwandten Kohlehydrate, Fette und des Eiweisses, verändern den respiratorischen Quotienten. Verglichen mit allen Versuchen Colasanti's ergeben aber meine im Winter gemachten Beobachtungen keine Veränderung dieser Grösse. Der Mittelwerth für dieselbe aus allen meinen Versuchen (Tab. I. und II.) berechnet, ist . . . . = 0,87,
also ungefähr gleich dem von Colasanti gefundenen . = 0,86.

Existirt also eine Steigerung des gesammten Stoffwechsels, aber dabei keine Veränderung des respiratorischen Quotienten, so scheint daraus hervorzugehen, dass der Körper energischer grössere Mengen eines Futters consumirte, dessen relative Zusammensetzung von der des Sommerfutters nicht sehr verschieden ist. Immerhin ist man schon jetzt berechtigt zu sagen: der Winter vermöge es, bei Meerschweinchen die Wärmeproduction um 23% zu erhöhen, **derselben** Temperatur der Umgebung gegenüber.

Einen sehr hohen Werth für den respiratorischen Quotienten (0,94) liefern die Versuche der Tabelle I., welche bei der hohen Temperatur von 26,2° C. angestellt sind. Dass der Grund hierfür nicht allein in der hohen Temperatur liegt, geht daraus hervor, dass die bei gleicher Temperatur der Umgebung angestellten Versuche der Tabelle II., als das Verhältniss des in der ausgeath-

meten Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffs zu dem gleichzeitig absorbirten Sauerstoff ergeben: **0,78**. Gesteht man andererseits der hohen Temperatur den grösstmöglichsten Einfluss auf die Kohlensäureabgabe zu, so bleibt doch immer nach Abzug dieses der Werth noch über **0,9**.

Ich finde in der Literatur zwei Angaben, welche die Erhöhung der Wärmeproduction im Vergleich zum Sommer, bei gleicher Temperatur der Umgebung verrathen.

Edwards[1]) hat Vögel im Sommer in einer Temperatur von 20,0° C. unter eine Glocke gebracht, und die Zeit beobachtet, welche bis zur Erstickung verstrich; hat dieselben Versuche im Winter wiederholt, so dass Temperatur und Sauerstoffgehalt der Glocke dieselben waren, also kein anderer Unterschied bestand als der, den die verschiedenen Jahreszeiten mit sich brachten. Er fand, dass durchschnittlich:

Im Sommer die Vögel lebten = 1 h. 25 m. 54 s.
Im Winter „ „ „ = 1 „ 6 „ 26 „

Bei der gleichen Menge des aufgenommenen Sauerstoffs muss sich das Sauerstoffbedürfniss umgekehrt wie die Zeit des Verbrauchs verhalten. Demnach verhielt sich der Sauerstoffverbrauch im Sommer zu dem Sauerstoffverbrauch im Winter wie

100 : 129,

d. h. der Winter hatte eine Steigerung von 29% herbeigeführt.

Ausserdem hat Edwards[2]) folgenden Versuch gemacht: Er hat Vögel zu verschiedener Jahreszeit, jedesmal 1 Stunde lang, der Temperatur der Umgebung von 0° C. ausgesetzt und gefunden, dass ihre Körpertemperatur sank:

Im Februar
(bei einer herrschenden Temperatur von 12° C.) um 0,4° C.
Im August
(bei einer herrschenden Temperatur von 20° C.) um 1,62° C.
Im Juli
(bei einer herrschenden Temperatur von 26° C.) um 3,62° C.

Es weist dies unzweifelhaft darauf hin, wie viel besser im Winter der Organismus im Stande ist, den Einflüssen niederer Umgebungstemperatur entgegenzuarbeiten, und da er das zum grossen Theile thut durch Veränderung der Wärmeproduction, so

1) Infl. des agents physic. sur la vie. p. 200—206.
2) l. c. p. 163.

ist aus diesen Versuchen nicht zu verkennen, dass dieselbe im Winter energischer ist als im Sommer, gleiche Temperatur der Umgebung vorausgesetzt.

Für eine grosse Anzahl von Versuchen wurden Luftproben analysirt, welche am Ende der Versuche dem Apparate entnommen waren. Die für den respectiven Gehalt an brennbaren Gasen an dem Sauerstoffverbrauch anzubringenden Correcturen wurden ausgeführt.

Einerlei, ob die Thiere gerade vom Futter weggenommen waren, oder ob sie schon bis zu 5 Stunden nichts gefressen hatten, sie schieden immer Sumpfgas aus, und in den meisten Versuchen auch Wasserstoff. Ich will nicht die einzelnen Gasanalysen, sondern nur die mittleren Werthe für die Ausscheidungen, unter verschiedenen Verhältnissen, mittheilen.

Die mittlere Ausscheidung von Kohlenwasserstoff betrug pro Kilo und Stunde:

I. 1. Bei Thieren, welche gerade vom Futter kamen, in einer Umgebungstemperatur von 25,9° C. = 17,25 Cc.
2. Bei gleichen Thieren in der Umgebungstemperatur von 18,9° C. . . . . = 28,95 Cc.

II. Bei Thieren, welche bis zu mehreren Stunden vom Futter entfernt waren.
1. in einer Temperatur von 26,4° C. . . . . . . = 21,03 Cc.
2. in einer Temperatur von 3,7° C. . . . . . . = 23,06 Cc.

Die mittlere Ausscheidung von Wasserstoff:

I. 1. Bei gefütterten Thieren in einer Temperatur von 25,9° C. . . . . = 6,28 Cc.
2. in einer Temperatur von 18,9° C. . . . . = 1,55 Cc.

II. Bei Thieren, welche bis zu mehreren Stunden vom Futter entfernt waren,
1. in einer Temperatur von 26,4° C. . . . . = 0,7 Cc.
2. in einer Temperatur von 3,7° C. . . . . . . = 4,26 Cc.

Die Ausscheidungen brennbaren Gases dauern demnach länger, als bei der Verdauung des Sommerfutters beobachtet wurde.

Was die Frage nach Exhalation und Absorption von Stickstoff angeht, so ist dieselbe bei ihrer Wichtigkeit so schwierig, dass ich die Resultate, welche ich gewonnen habe, obgleich sie mit Regnault's Angaben übereinstimmen, erst geben werde, nach-

dem sie durch weitere Versuche controlirt sind. Da nehmlich die zu analysirenden Gase sehr complicirte Gemenge darstellen, so hat die Analyse auch eine grosse Anzahl von Fehlerquellen; und da alle in der Analyse gemachten Fehler sich auf die Bestimmung des Stickstoffs häufen, so kann die Gewissheit der Stickstoff-Absorption oder -Exhalation erst durch eine grössere Anzahl höchst genau ausgeführter Versuche und Analysen erzielt werden.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind:

1. Die Variation der Wärmeproduction gegenüber grossen Differenzen der umgebenden Temperatur folgt denselben Regeln, welche Colasanti für dasselbe Thier sicher gestellt, lassen aber bedeutende individuelle Schwankungen erkennen.

2. Es kommt in Wirklichkeit vor, dass die Wärmeproduction durch eine Abnahme der Umgebungstemperatur von ungefähr 24° C., bei sehr kräftigen Thieren um mehr als den doppelten Werth gesteigert wird.

3. Der Einfluss des Winters steigert den Stoffwechsel des Meerschweinchens im Verhältniss zum Sommer um etwa 23%, führt also eine Veränderung der Wärmeproduction im Allgemeinen herbei, welche ganz analog ist dem Verhalten derselben, gegenüber kürzer dauernden Erniedrigungen der Umgebungstemperatur.

4. Der mittlere respiratorische Quotient des Meerschweinchens ist an Wintertagen = 0,87.

5. Die Körpertemperatur des Meerschweinchens ist 38,3° C.

Die Untersuchung bestätigt daher vollkommen die Richtigkeit der Lehre von der Anpassung der Wärmeproduction an den Wärmeverlust, und lehrt Eigenthümlichkeiten derselben kennen, welche bei der Beurtheilung krankhafter Veränderungen der Wärmeproduction in Betracht gezogen werden müssen.

(Aus dem thierphysiol. Laboratorium der landwirthschaftlichen Academie Poppelsdorf.)

In wiefern beeinflusst Nahrungszufuhr die thierischen Oxydationsprocesse?

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. **v. Mering** und Prof. **N. Zuntz.**

Der thierische Stoffwechsel ist bekanntlich im Inanitionszustande geringer als bei normaler Nahrungszufuhr und ist durch überreiche Ernährung einer weiteren Steigerung fähig. Wir brauchen in dieser Hinsicht unter Anderen nur auf die Arbeiten von Bidder und Schmidt, sowie von Pettenkofer und Voit hinzuweisen.

Man scheint allgemein anzunehmen, dass diese Steigerung des Stoffwechsels bedingt ist durch die Gegenwart der resorbirten Stoffe im Blute, während es doch ebensowohl möglich ist, dass die mit der Digestion und Resorption verbundene Arbeit des Darmcanals und seiner Drüsen die Steigerung des Stoffwechsels verursacht.

Einen Weg diese Alternative zu entscheiden hat Schermetjewski eingeschlagen. Er spritzte Thieren Nahrungsstoffe ins Blut und untersuchte vorher und nachher deren Gaswechsel. Seine Resultate schienen der ersten der oben aufgestellten Alternativen günstig zu sein. Er fand bekanntlich, dass milchsaures und capronsaures Natron, sowie Glycerin Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureexhalation steigern, während essigsaures, ameisensaures, benzoesaures Natron, Traubenzucker diesen Erfolg nicht hätten.

Unsere eigenen Versuche zerfallen in zwei Categorien: Messung des Gaswechsels vor und nach Einspritzung nährender Stoffe ins Blut einerseits, vor und nach Einführung in den Magen andererseits.

Wir experimentirten ausschliesslich an Kaninchen, die wir vorher, um sie für den Effect der Nahrungszufuhr empfindlicher zu machen, 1—3 Tage hungern liessen. Der Gaswechsel wurde mit Hülfe des von Röhrig und Zuntz angegebenen Respirationsapparates gemessen. An dem Apparate waren eine Anzahl zum Theil schon durch v. Platen und den Einen von uns beschriebener Verbesserungen angebracht. Die Thiere wurden während der ganzen Versuchsdauer in ein so warmes Bad versenkt, dass ihre Körpertemperatur normal und möglichst constant blieb.

Wenn so die Wärmeregulation ausgeschlossen ist, zeigt sich der Gaswechsel sehr gleichmässig.

Von den beiden zur Verfügung stehenden Apparaten wurde immer der eine mit Sauerstoff und Kalilauge beschickt, während das Thier an dem anderen athmete, so dass die Messung des Gaswechsels continuirlich beliebig lange fortgesetzt werden konnte. Die Umschaltung wurde fast momentan durch Schliessen einer einzigen Klemme und Oeffnen einer anderen bewirkt, wodurch die Athemmechanik gar keine Störung erfuhr. Meist wurde jede Viertelstunde umgeschaltet und der Sauerstoffverbrauch sofort approximativ berechnet.

Nachdem wir uns dann durch eine Reihe von Bestimmungen von seiner Constanz überzeugt hatten, wurde dem Thiere der Stoff, dessen Wirkung untersucht werden sollte, langsam in die Vena jugularis oder in den Magen gebracht. Um die Injection ohne jede Reizung und ohne Aufenthalt bewirken zu können, befand sich von Beginn des Versuchs an in der abgeklemmten Vena jugularis oder in dem Oesophagus die Injectionscanüle.

Unsere Versuche führten zu folgenden Resultaten:

1) Milchsaures Natron, fettsaures Natron, Glycerin, Zucker, direct ins Blut eingeführt, sind ohne Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme[1]).

---

1) Die zum Theil von unseren Resultaten abweichenden Angaben Scheremetjewski's beruhen auf Fehlerquellen, von denen auch wir Anfangs getäuscht wurden. Wir werden hierauf in der ausführlichen Mittheilung näher eingehen. — Ueber das Verhalten der Kohlensäureausscheidung liegen uns noch nicht hinreichend Zahlen vor, und werden wir deshalb später darüber berichten.

2) Peptone, ins Blut injicirt, bewirken eine entschiedene Steigerung der Sauerstoffaufnahme.

3) In den Magen gebracht, steigern nicht allein die Peptone, sondern auch die sub 1 genannten Stoffe die Sauerstoffaufnahme.

4) Auch Stoffe, welche unverändert den Thierkörper passiren, aber Peristaltik und Secretion anregen, (schwefelsaures Natron, Mannit), steigern vom Magen her den Sauerstoffverbrauch wesentlich [1]).

Demnach bedingen unter den bisher untersuchten Stoffen durch ihr chemisches Verhalten im Organismus allein die Peptone, eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, die übrigen nur indirect dadurch, dass sie die Thätigkeit des Darmcanals und seiner Drüsen anregen.

Um Missdeutungen vorzubeugen, sei hier ausdrücklich hervorgehoben, dass wohl nicht bezweifelt werden kann, dass die sub 1 genannten Stoffe im Organismus verbrannt werden. Die Grösse aber der Verbrennung im Thierkörper scheint, unabhängig von Vorrath und Zufuhr, sich allein nach dem jeweiligen Bedarf des Organismus zu richten. Nur die Assimilation der Peptone ist mit einem Mehrverbrauch an Sauerstoff nothwendig verknüpft.

---

1) 3 grammes schwefelsaures Natron, in den Magen eingeführt, steigern den Sauerstoffverbrauch für eine Reihe von Stunden um 10—15%. Mannit, welches bekanntlich unverändert durch den Urin wieder ausgeschieden wird, hat denselben Effect wie Traubenzucker. 3 grammes Traubenzucker steigerten den Sauerstoffverbrauch um 7,2%, 3 grammes Mannit um 7,8%.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

Universtiäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.















